

FURN5.●

Manuale per agevolare l'adozione di pratiche di Industria 5.0 nel settore del mobile nell'Unione europea

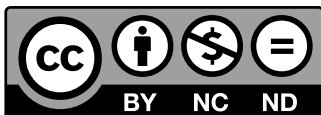
Guida per promuovere una manifattura intelligente,
sostenibile e resiliente, centrata sull'uomo

© AMBIT 2026
Av. Generalitat, 66 - 43560
La Sénia (Tarragona) SPAGNA
Tel. +34 977 57 01 22
ambitcluster.org

Questa pubblicazione è stata realizzata grazie al sostegno finanziario dell'Unione europea. Il progetto è stato finanziato nell'ambito del bando della Commissione europea: Sostegno al dialogo sociale (SOCPL-2023-SOC-DIALOG). Riferimento dell'accordo di sovvenzione 101145616. Il sostegno della Commissione europea a favore della realizzazione del presente documento non costituisce un'approvazione dei contenuti, che rispecchiano esclusivamente le opinioni degli autori; pertanto, la Commissione declina ogni responsabilità per qualsiasi uso possa essere fatto delle informazioni ivi contenute.

Questa guida è stata redatta con il contributo di un team multidisciplinare costituito dai seguenti esperti: Alessandra Cecchini, Francesco Balducci, Valentina Vedovi - Manifaktura S.r.l. (Scheda applicativa: 7) | Alessandro Fumagalli, Anna Pellizzari, Claudia Reeder - Materially (Scheda applicativa: 4) | Alfredo Ferrer Marco, Gonzalo Ruiz Manzanares - Kampal Data Solutions (Scheda applicativa: 15) | Amaia Castelruiz Aguirre (Schede applicative: 8-9), Imanol Ordoñez Zaragoza (Schede applicative: 5, 6), Ivan Arakistain Markina (Schede applicative: 10, 11) - TECNALIA | Héctor Zapata Cebrián - Tetravol S.L. (Scheda applicativa: 2) | Inmaculada Soler Ramos - Sciling (Schede applicative: 12, 13, 14) | Manuel Vinagre Ruiz, Raúl Zaragoza Sacristán - LEITAT (Scheda applicativa: 1) | Ramon Morera i Cuatrecasas - PRODUKTIA (Scheda applicativa: 3) | Ricardo Garcia Bahamonde (Introduzione).

Con la guida e la supervisione tecnica del team di AMBIT: Julio Rodrigo Fuentes, Massimiliano Rumignani, Francesc Reolid Sanz, Jaisiel Madrid Sánchez, Lluís Ferrés Solé, Joaquim Solana Monleón, e con contributi dei partner del progetto FEDERLEGNOARREDO ed EFIC. Disegno grafico: srbeardman.com



NonCommerciale - NonOpereDerivate 4.0 Internazionale
(CC BY-NCND 4.0). creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en

È necessario indicare la fonte delle informazioni, fornire un link alla licenza e indicare se sono state apportate modifiche. È possibile farlo in qualsiasi modo ragionevole, purché non suggerisca in alcun modo che il licenziante ne autorizzi l'uso. Non è possibile apportare modifiche e non è consentito l'uso commerciale.

Non è possibile utilizzare il materiale per scopi commerciali. Qualora si alteri, si modifichi o si eseguano sviluppi a partire da questo materiale, non è possibile distribuirlo.

Ringraziamenti	5
Introduzione applicativa	7
Schede applicative delle tecnologie di Industria 5.0	
1 Interazione uomo-robot (HRI) nel settore del mobile	16
2 Realtà estesa nei processi di progettazione e prototipazione del prodotto	24
3 Sfruttamento della realtà estesa per la formazione e lo sviluppo delle competenze nel settore del mobile	30
4 Funzionalità intelligenti applicate al settore del mobile	36
5 Processi di sviluppo del prodotto più intelligenti grazie all'adozione delle tecnologie dei gemelli digitali	42
6 Aumento di sicurezza e produttività dei processi manifatturieri riducendone al contempo l'impatto ambientale, grazie all'adozione di tecniche di simulazione all'interno dei gemelli digitali	52
7 Tracciabilità del prodotto nel settore del mobile con il Passaporto Digitale del Prodotto (DPP)	62
8 Data Science applicata alla manifattura del mobile	70
9 Interoperabilità uomo-macchina	78
10 AIoT per la manifattura intelligente	86
11 Evoluzione dell'IoT e della connettività	94
12 IA generativa per progettazione personalizzata e prototipazione rapida	100
13 Sistemi di gestione della conoscenza basati sull'IA	108
14 Ottimizzazione dei processi di marketing e vendita con IA generativa: automazione e personalizzazione dei contenuti	116
15 Decisioni intelligenti nel settore del mobile attraverso la correlazione dei dati e analisi basate sull'IA	124
Stato dell'arte di Industria 5.0 e raccomandazioni degli stakeholder	
- Report su Industria 5.0 nella manifattura UE	131
- Report sul livello di maturità di Industria 5.0 nel settore del mobile nell'UE	132
- Fabbisogni di competenze e raccomandazioni per gli stakeholder del settore del mobile	133
Annexes	
A1 Strumento di autovalutazione per l'Industria 5.0	136
A2 Testimonianze delle aziende	140
A3 Report sui risultati del progetto pilota dello strumento di autovalutazione online	144

Ringraziamenti

Ringraziamo i nostri colleghi dei partner di FURN5.0, Chiara Terraneo, Giorgia Von Berger, Greta Maravai - FederlegnoArredo, Gabriella Kemendi e Nicole Gaglioti - EFIC. Hanno fornito contributi significativi e competenze che hanno ispirato e supportato lo sviluppo di questa guida e le diverse attività del progetto.

Siamo grati al personale della Commissione europea per il sostegno fornito durante l'intero svolgimento del progetto.

Desideriamo riconoscere il contributo fondamentale degli esperti esterni di Industria 5.0 che hanno partecipato alla preparazione di questa guida:

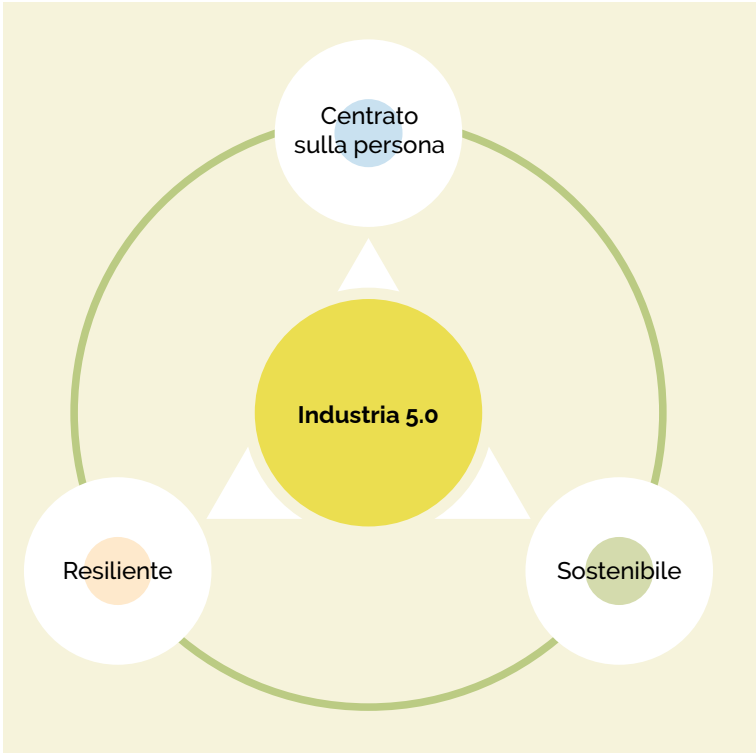
Alessandra Cecchini, Alessandro Fumagalli, Alfredo Ferrer Marco, Amaia Castelruiz Aguirre, Anna Pellizzari, Claudia Reder, Francesco Balducci, Gonzalo Ruiz Manzanares, Héctor Zapata Cebrián, Imanol Ordoñez Zaragoza, Inmaculada Soler Ramos, Ivan Arakistain Markina, Manuel Vinagre Ruiz, Ramon Morera i Cuatrecasas, Raúl Zaragoza Sacristán, Ricardo García Bahamonde e Valentina Vedovi.

Vorremmo inoltre ringraziare tutti gli esperti che hanno contribuito alla revisione delle schede FURN5.0 e hanno partecipato al workshop di esperti che, con i loro feedback e contributi multidisciplinari e complementari, hanno aiutato a costruire una migliore comprensione e un approccio più pratico all'Industria 5.0 nel settore del mobile. Oltre agli esperti sopra citati, desideriamo ringraziare:

Alba Tomàs, Albert Graçon Padilla, Alessio Gnaccarini, Àlex Jiménez, Anaïs Le Corvec, Andrea Berra, Antonio Torrente Ortiz, Dermot O'Donovan, Emilio Arasa, Giada Fioretti, Gil Arasa, Heiner Strack, Irene Pellecchia, Javier Portolés, Jeroen Doom, Joan Ortega, Jordi Sort, Juan Carlos Alonso, Juan Sala Martínez, Leonardo Cavo, Marco Denni, Matteo Bottenghi, Mattia Calogero, Nathalie Bekx, Rebecca Squeri, Ricardo García Bahamonde, Ruben Sagone, Santiago Pérez de la Hoz, Stefano Santoni, Vittorio Riponi e Xavier Pi i Palomés.

L'attuazione del progetto FURN5.0 è stata possibile solo grazie al finanziamento del bando della Commissione europea per il Sostegno al dialogo sociale (SOCPL-2023-SOC-DIALOG).

1



Industria 5.0 e il futuro intelligente del settore del mobile

Industria 5.0 rappresenta la prossima evoluzione della manifattura moderna, andando oltre i tradizionali obiettivi di efficienza e produttività per adottare un approccio più **centrato sulle persone, sostenibile e resiliente**. In termini semplici, Industria 5.0 consiste *nell'utilizzare tecnologie avanzate in modo da valorizzare i lavoratori, apportare benefici alla società e rispettare l'ambiente*. Questo capitolo introduttivo spiega cosa significa Industria 5.0 per il settore del mobile, quali sono le principali tecnologie che la rendono possibile e presenta una raccolta di schede applicative pertinenti, illustrate più avanti nel report. Il presente manuale FURN5.0 mette a disposizione di dirigenti e tecnici del settore del mobile strumenti pratici e validati per la transizione strategica verso Industria 5.0, affrontando la sfida cruciale di attrarre e trattenere talenti, migliorando al contempo il benessere dei lavoratori. Attraverso esempi concreti, dirigenti e tecnici potranno farsi un'idea chiara del futuro intelligente del settore del mobile e apprendere le azioni specifiche da implementare per accelerare la digitalizzazione e rafforzare la competitività del settore.

Che cos'è Industria 5.0 nel settore del mobile?

Industria 5.0 è un nuovo paradigma industriale formulato dalla Commissione europea che *"mira ad andare oltre efficienza e produttività come unici obiettivi"* della produzione manifatturiera. Al contrario, **pone il benessere dei lavoratori al centro della produzione e persegue obiettivi sociali e ambientali più ampi**, integrando l'attuale quadro di Industria 4.0. In sostanza, Industria 5.0 si fonda su tre pilastri principali: **centralità della persona, sostenibilità e resilienza** (vedi Figura 1). FURN5.0 promuove il benessere dei lavoratori, il miglioramento della sicurezza e lo sviluppo delle competenze necessarie. Questo approccio centrato sulle persone rafforza un dialogo sociale fondamentale per una transizione industriale dell'UE socialmente equa. Ciò significa che le fabbriche del futuro non saranno soltanto intelligenti e automatizzate, ma anche progettate attorno alle esigenze delle persone, ecologicamente responsabili e capaci di resistere alle interruzioni.

1 I tre pilastri fondamentali di Industria 5.0

Prima di tutto, Industria 5.0 nel settore del mobile è **centrata sulla persona**. Anziché considerare la tecnologia un sostituto delle persone, ne valorizza competenze e creatività. I robot collaborativi si fanno carico di attività ripetitive o pericolose; interfacce intuitive come la realtà aumentata e virtuale (AR/VR) rendono più chiari e rapidi la formazione, la configurazione e la risoluzione dei problemi; gli strumenti di gestione della conoscen-

za aiutano i lavoratori ad accedere alle competenze e a condividerle. Il risultato sono ambienti di lavoro più sicuri e puliti e ruoli più attrattivi per i nuovi talenti, favorendo l'aggiornamento delle competenze e l'inclusione in tutta la forza lavoro.

Sulla scia della digitalizzazione di Industria 4.0, Industria 5.0 riorienta l'adozione tecnologica verso il benessere dei lavoratori, la qualità del lavoro e una collaborazione uomo-macchina realmente significativa, consentendo al contempo la personalizzazione della produzione di massa guidata dalla maestria artigianale e dall'intento progettuale. Questi vantaggi legati alla centralità della persona si collegano naturalmente a obiettivi più ampi: operazioni resilienti attraverso decisioni basate sui dati e sistemi interoperabili, e sostenibilità attraverso la riduzione degli sprechi, scelte più consapevoli dei materiali e trasparenza lungo il ciclo di vita (ad esempio, passaporti digitali del prodotto). Il quadro politico europeo, riflesso in iniziative come FURN5.0, incoraggia questa transizione non solo promuovendo le tecnologie abilitanti, ma anche sostenendo il dialogo sociale, lo sviluppo delle competenze e una visione attrattiva della manifattura moderna. In sintesi, Industria 5.0 allinea le tecnologie avanzate a posti di lavoro migliori, prodotti migliori e più sostenibili e a una crescita responsabile, ponendo le persone al centro e rafforzando al contempo competitività e performance ambientali.

In secondo luogo, Industria 5.0 nel settore del mobile è anche allineata alla **sostenibilità** (ad esempio, progettazione circolare ed efficienza delle risorse). Iniziative europee come il Green Deal, il nuovo Patto per l'industria pulita e la Bussola per la competitività, oltre ad altre normative, stanno spingendo i produttori di mobili a ridurre gli sprechi e a documentare l'impronta ambientale dei prodotti. In Industria 5.0, la tecnologia diventa un mezzo al servizio di questi obiettivi: ad esempio, l'uso di **dati e sensori per monitorare i consumi energetici e di materiali**, oppure l'adozione di **materiali e processi circolari** per minimizzare gli impatti ambientali. In sintesi, Industria 5.0 offre una *"visione dell'industria che (...) utilizza nuove tecnologie per garantire prosperità oltre il lavoro e la crescita, rispettando al contempo i limiti produttivi del pianeta"*. Per le aziende del settore del mobile, ciò può tradursi nel progettare prodotti durevoli e riciclabili, utilizzare materiali di origine biologica e sfruttare sistemi intelligenti per ottimizzare la produzione in modo ecosostenibile.

Infine, la **resilienza**, il terzo pilastro, è estremamente rilevante per la manifattura del mobile in un mondo globalizzato post-pandemia e si estende oltre le mura delle fabbriche, fino al territorio in cui operano le aziende. Costruire resilienza significa maggiore flessibilità

produttiva, catene di approvvigionamento trasparenti e diversificate, e una forza lavoro agile, con competenze aggiornate in modo continuo. Significa anche ancorare localmente il valore: rafforzare le reti regionali di fornitori, accorciare le rotte logistiche e promuovere la simbiosi industriale (ad esempio, servizi condivisi, circuiti circolari dei materiali e comunità energetiche). Industria 5.0 incoraggia a ripensare le catene del valore e le pratiche energetiche non solo per resistere agli shock, ma per co-svilupparsi con l'ecosistema locale: è proprio l'effetto competitivo da tempo evidenziato dalla teoria dei cluster (formulata da Michael Porter), secondo cui legami solidi tra aziende, istituzioni e talenti aumentano produttività e innovazione. Nel settore del mobile, questo si traduce in capacità quali il rapido passaggio da una linea di prodotto all'altra, la formazione incrocia-

ta dei team con competenze digitali e l'utilizzo di piattaforme digitali per approvvigionarsi e vendere dando priorità ai partner regionali; include anche la mappatura della provenienza, lo sviluppo di seconde forniture locali e la valorizzazione delle organizzazioni di cluster per test, formazione e accesso al mercato condivisi. Il risultato è un settore più solido in caso di interruzioni, e più competitivo, perché radicato nel territorio, collaborativo e localmente rigenerativo.

Nel complesso, Industria 5.0 nel settore del mobile allinea l'innovazione tecnologica a un ampio spettro di competenze e capacità umane: creatività, artigianalità, giudizio critico, capacità di risolvere problemi, collaborazione, adattabilità e apprendimento continuo, insieme alla responsabilità ambientale, affinché il settore possa prosperare sul piano economico, sociale ed ecologico.

Tecnologie abilitanti che guidano Industria 5.0

Industria 5.0 è resa possibile da un insieme di **tecnologie abilitanti** avanzate che permettono di realizzarne la visione centrata sulle persone e orientata alla sostenibilità. Molte di queste tecnologie sono evoluzioni degli strumenti Industria 4.0, oggi applicati in modo più intelligente, collaborativo ed empatico, ponendo bisogni umani, benessere e creatività al centro dell'innovazione industriale. Secondo la Commissione europea, tra le tecnologie chiave alla base di Industria 5.0 rientra-

no **"l'interazione uomo-macchina personalizzata, le tecnologie ispirate alla natura e i materiali intelligenti, i gemelli digitali e la simulazione, le tecnologie per la trasmissione/archiviazione/analisi dei dati, l'intelligenza artificiale e le tecnologie per l'efficienza e l'autonomia energetica"**. In pratica, i seguenti ambiti tecnologici sono particolarmente rilevanti nel contesto della manifattura del mobile:



Interazione collaborativa uomo-macchina

Un tratto distintivo di Industria 5.0 è la collaborazione fluida tra esseri umani e macchine. Ciò include l'uso di **robot collaborativi (cobot)** che operano fianco a fianco con i lavoratori nel reparto produttivo. A differenza dei robot industriali tradizionali, che devono essere racchiusi entro barriere di sicurezza, i cobot sono progettati con sensori e limiti di forza, così da poter condividere in sicurezza lo spazio di lavoro con le persone. Svolgono attività pesanti, ripetitive o ergonomicamente gravose; ad esempio, sollevare pannelli pesanti, levigare grandi superfici o eseguire forature di precisione, **migliorando così la sicurezza e l'efficienza dei lavoratori**. Fondamentalmente, questi robot sono *"collaborativi e cognitivi"*, cioè in grado di adattarsi alle intenzioni umane e fornire feedback (ad esempio, usando l'IA per interpretare le azioni o i comandi vocali di un operatore). Accanto alla robotica, **interfacce uomo-macchina** avanzate come la Realtà Aumentata (AR) e la Realtà Virtuale (VR) stanno potenziando i lavoratori del settore del mobile. AR e VR possono sovrapporre informazioni digitali al mondo reale o simulare ambienti virtuali, risultando *"utili per attività di formazione, manutenzione e progettazione"* in ambito manifatturiero. Ad esempio, un nuovo

addetto al montaggio potrebbe indossare occhiali AR che mostrano istruzioni di assemblaggio passo-passo, oppure un progettista potrebbe usare la VR per esplorare un prototipo virtuale di un nuovo elemento d'arredo. Queste interfacce intuitive rendono più semplice per i dipendenti interagire con macchine e processi complessi, incarnando l'ideale di Industria 5.0 che consiste nell'*"interazione uomo-macchina personalizzata"*.



Materiali intelligenti e sostenibili

Industria 5.0 valorizza anche **materiali intelligenti e ispirati alla natura** per innovare i prodotti e ridurre l'impatto ambientale. I materiali intelligenti o smart possono reagire all'ambiente circostante; ad esempio, tessuti che modificano le proprie proprietà a seconda della temperatura, oppure compositi a base di legno con sensori incorporati. Nel settore del mobile, ciò può tradursi in **funzionalità intelligenti incorporate nei singoli elementi di arredamento** (ad esempio, un tavolo in grado di ricaricare dispositivi o del quale è possibile regolare automaticamente l'altezza, oppure sedie che monitorano la postura). Rientrano inoltre in questo ambito i materiali di origine biologica e i *materiali circolari*

(riciclabili, provenienti da risorse rinnovabili), in linea con gli obiettivi di sostenibilità. Grazie all'uso di materiali avanzati, i produttori di mobili possono creare prodotti più durevoli, personalizzabili o rispettosi dell'ambiente. Quest'area tecnologica spesso si sovrappone all'innovazione nel design: gli ingegneri sperimentano la **biomimetica** (ispirandosi alle soluzioni presenti in natura) per creare materiali per l'arredo leggeri ma resistenti, oppure con rivestimenti autoriparanti che prolungano la vita utile del prodotto. Sebbene queste "tecnologie ispirate alla natura e materiali intelligenti" possano sembrare meno high-tech di robot o l'IA, rappresentano una parte cruciale della spinta di Industria 5.0 verso un'innovazione sostenibile. Un'azienda del settore del mobile che adotta Industria 5.0 potrebbe esplorare, ad esempio, **compositi simili al legno realizzati con fibre riciclate o tessuti intelligenti** che rispondono alle esigenze degli utenti, coniugando così la maestria artigianale tradizionale con le tecnologie di nuova generazione.



Gemelli digitali e simulazione

Un gemello digitale è una **replica virtuale di un prodotto fisico, di un processo o di un'intera fabbrica**. Industria 5.0 sfrutta gemelli digitali e simulazioni avanzate per ottimizzare la produzione e prevedere i risultati senza costose prove per tentativi nel mondo reale. Nel settore del mobile, i gemelli digitali possono rappresentare un vero punto di svolta. Si immagini ad esempio un modello digitale di elemento d'arredo che si aggiorna in tempo reale durante la produzione, consentendo agli ingegneri di testare modifiche in ambiente virtuale o di prevedere esigenze di manutenzione. Allo stesso modo, le fabbriche possono disporre di gemelli digitali delle linee produttive per simulare cambiamenti nei flussi di lavoro o integrare una nuova macchina a livello software prima di intervenire sul reparto produttivo. Un'applicazione specifica, particolarmente rilevante per l'obiettivo di sostenibilità di Industria 5.0 è la **simulazione degli impatti ambientali e sociali**. Prima di implementare modifiche in materiali o processi, le aziende possono utilizzare software di modellazione per stimare come tali cambiamenti influenzeranno l'impronta di carbonio, la produzione di rifiuti o persino l'ergonomia dei lavoratori. Il progetto FURN5.0 mette in evidenza tecnologie per "la simulazione e la misurazione dell'impatto ambientale e sociale", sottolineando l'importanza dell'uso di strumenti digitali per promuovere la sostenibilità nel design e nella produzione. L'adozione della tecnologia dei gemelli digitali consente ai produttori di mobili di diventare **più proattivi e orientati ai dati**, risolvendo problemi in ambiente virtuale (ad esempio, modificando un progetto per ridurre l'uso di materiale) e garantendo risultati ottimali sia in termini di efficienza che di sostenibilità.



Connettività dei dati e tracciabilità

In Industria 5.0, **i dati sono il tessuto connettivo** che collega tutte le parti della catena del valore. Sulla scia dell'IoT (Internet of Things - Internet delle cose) in Industria 4.0, le fabbriche del settore del mobile impiegheranno reti di sensori e dispositivi intelligenti su macchinari, nei magazzini e persino sui prodotti consegnati per raccogliere dati in tempo reale. L'obiettivo è creare un ciclo continuo di feedback per il miglioramento e la trasparenza. L'utilizzo di **IoT e Big Data per raccogliere e analizzare informazioni in tempo reale può migliorare notevolmente la gestione delle risorse e i processi decisionali**. Ad esempio, sensori su una linea di produzione possono monitorare i consumi energetici e le analisi possono quindi suggerire modi per risparmiare energia o programmare la manutenzione nei momenti più opportuni. Un altro aspetto critico è l'**interoperabilità**, ossia la capacità di macchine e sistemi software diversi di condividere dati in modo fluido all'interno della fabbrica e della catena di approvvigionamento. Industria 5.0 promuove "l'interoperabilità di dati e sistemi" affinché tutti gli stakeholder (dai fornitori di materiali ai punti vendita al dettaglio) possano essere connessi in un ecosistema digitale. Un'iniziativa concreta in Europa che esemplifica la trasparenza basata sui dati è il **Passaporto Digitale del Prodotto (DPP)**. In sostanza, un DPP è un registro digitale che accompagna un prodotto e contiene informazioni dettagliate su materiali, origine, produzione e istruzioni di fine vita. Nel prossimo futuro, le aziende del settore del mobile saranno tenute a fornire tali dati per ciascun prodotto, per rispettare le normative sulla sostenibilità. La semplice scansione di un codice QR su un elemento d'arredo potrebbe rivelarne l'intera "storia di vita", permettendo pratiche di economia circolare come un riciclo più semplice e un approvvigionamento responsabile. Nel nostro contesto, la **tracciabilità del prodotto tramite un DPP è un'applicazione chiave** che garantisce trasparenza in ogni fase della vita di un prodotto d'arredo. Ciò non solo apporta benefici all'ambiente, ma crea anche valore per i consumatori che desiderano sapere come sono stati realizzati i loro mobili. Nel complesso, infrastrutture dati solide, dai sensori IoT presenti in fabbrica alle piattaforme cloud che aggregano Big Data, costituiscono tecnologie fondamentali che abilitano la *natura intelligente, connessa e trasparente* di Industria 5.0.



Intelligenza artificiale e automazione

L'IA è il motore che consente di dare senso a tutti i dati e alla complessità nei sistemi di Industria 5.0. In un contesto centrato sulle persone, l'intelligenza artificiale agisce come strumento di potenziamento del processo decisionale e della creatività umana. Qui si distinguono due grandi categorie di applicazioni dell'IA: *IA analitica* e

IA generativa. Per IA analitica si intende l'uso di algoritmi di machine learning per rilevare pattern, prevedere i risultati e supportare le decisioni. Per un produttore di mobili, l'IA analitica può essere applicata alla previsione della domanda, al controllo qualità o all'ottimizzazione dei processi, ad esempio, un sistema di IA che analizza i dati di produzione per prevedere guasti dei macchinari o segnalare difetti nei materiali (migliorando resilienza e qualità). Una delle schede applicative descritte nel manuale FURN5.0 è dedicata *"all'analisi dell'IA e all'analisi dei pattern"*, analizzando come l'IA possa setacciare grandi insiemi di dati per individuare tendenze che potrebbero sfuggire all'analisi umana. L'IA generativa, invece, riguarda sistemi in grado di creare nuovi contenuti o progetti. Si tratta di un ambito in forte espansione, con prospettive interessanti non solo per la progettazione e il marketing del settore del mobile, ma anche per l'efficienza organizzativa. Si immagina un'IA capace di generare centinaia di varianti di design personalizzate in base alle preferenze del cliente o di produrre rapidamente prototipi in un ambiente virtuale, accelerando notevolmente la fase di progettazione. Una delle schede applicative presenti in questo progetto è infatti *"IA generativa per la progettazione personalizzata e la prototipazione rapida"*. Allo stesso modo, l'IA generativa può essere sfruttata per migliorare la gestione operativa e l'efficienza, ad esempio semplificando e creando nuove forme di gestione della conoscenza, automatizzando la documentazione e migliorando l'interazione con i clienti. Per esempio, un sistema di gestione della conoscenza basato sull'IA potrebbe consentire ai dipendenti di interrogare un database in linguaggio naturale (come un assistente IA che conosce le regole di progettazione dell'azienda e i progetti passati). In ambito vendite e marketing, gli strumenti di IA generativa possono creare automaticamente contenuti di marketing personalizzati o visualizzazioni di interior design per i clienti, migliorando l'esperienza complessiva. Il filo conduttore è che l'IA, se usata in modo responsabile, amplifica le capacità umane, sia che si tratti di creatività nella progettazione o di efficienza nella produzione, piuttosto che minacciare di sostituire il ruolo delle persone. Industria 5.0 sottolinea *"un approccio centrato sulle persone per le tecnologie digitali, inclusa l'IA"*, garantendo che le soluzioni di IA siano sviluppate pensando al benessere e alla valorizzazione dei lavoratori.



Energia sostenibile e autonomia

Completano l'insieme delle tecnologie le innovazioni in materia di **efficienza energetica, energie rinnovabili e sistemi autonomi**. Pur non essendo specifiche del settore del mobile, queste tecnologie sono fondamentali per conseguire il pilastro della sostenibilità di Industria 5.0. Ciò può includere svariati aspetti, dall'installazione, in fabbrica, di pannelli solari e sistemi intelligenti di gestione dell'energia per ridurre l'impronta di carbonio,

all'esplorazione di una logistica autonoma (ad esempio, carrelli elevatori autonomi o droni per le consegne) in grado di aumentare la resilienza operativa. Le tecnologie basate sull'energia non compaiono come sezione autonoma nel manuale FURN5.0, ma ne costituiscono il contesto di fondo: in definitiva, molti miglioramenti di Industria 5.0 (tra cui macchinari efficienti, processi ottimizzati tramite IA, uso dei gemelli digitali per ridurre gli sprechi) contribuiscono al **risparmio energetico e a una produzione più ecologica**. La strategia europea di Industria 5.0 richiama esplicitamente l'importanza delle "tecnologie per l'efficienza energetica, le energie rinnovabili, l'accumulo energetico e l'autonomia" come parte di questo modello industriale futuro. In una fabbrica di mobili, ad esempio, questo potrebbe concretizzarsi nell'adozione di sistemi di condizionamento e di illuminazione intelligenti che reagiscono alle condizioni in tempo reale, oppure nell'utilizzo dell'energia recuperata dai processi produttivi per alimentare altri impianti. L'idea chiave è che la tecnologia dovrebbe contribuire a minimizzare l'impronta ambientale della produzione, raggiungendo così la *sostenibilità* non solo attraverso i materiali, ma anche attraverso il modo in cui alimentiamo e gestiamo le nostre fabbriche.

In sintesi, le tecnologie abilitanti di Industria 5.0 formano una cassetta degli attrezzi interconnessa.

La robotica collaborativa e AR/VR si concentrano sull'aspetto *umano*; i materiali intelligenti e le tecnologie pulite puntano alla *sostenibilità*, mentre gemelli digitali, IoT, IA garantiscono *resilienza* e intelligenza. È importante notare che molte di queste tecnologie oggi stanno già emergendo nelle aziende più avanzate (come osserva un report del 2024, *"sono già presenti in aziende che hanno compiuto un percorso di digitalizzazione più maturo"*). Tuttavia, Industria 5.0 ne prevede l'adozione in tutto il settore manifatturiero, in modo integrato e centrato sulle persone. Per le aziende di mobili che intraprendono questo percorso, comprendere queste tecnologie è il primo passo. Eppure, ricerche recenti mostrano l'esistenza di un **divario di conoscenze**: in media, il 50% delle aziende europee del settore del mobile intervistate ha dichiarato di conoscere poco le tecnologie di Industria 5.0 (con alcune tecnologie che arrivano fino al 70% di bassa consapevolezza). Ed è qui che entrano in gioco i materiali formativi del progetto FURN5.0, risorse utili per colmare tale divario illustrando cosa significano queste innovazioni nella pratica.

Cosa aspettarsi da questo manuale - Panoramica delle schede applicative

Il nucleo del manuale del progetto FURN5.0 è una raccolta di **schede applicative di Industria 5.0**, casi di studio o schede informative pratiche e concise, ciascuna delle quali mette in evidenza una specifica applicazione di una tecnologia di Industria 5.0 nel settore del mobile. Tali schede sono pensate per essere di facile lettura e informative, in modo che dirigenti, dipendenti del settore del mobile o qualsiasi altro lettore interessato possano comprendere rapidamente come funziona una determinata tecnologia e quali benefici offre. Questo

capitolo introduttivo fornisce una panoramica delle sezioni del manuale, spiegando i tipi di contenuti trattati e come orientarsi nella consultazione.

Le schede applicative sono organizzate per ambito tecnologico, in linea con le categorie di tecnologie abilitanti discusse sopra. Questo raggruppamento tematico aiuta i lettori a collegare argomenti affini e a cogliere il quadro d'insieme. I principali domini e le relative schede applicative sono i seguenti:



Interazione uomo-macchina e robotica

I contenuti di questo ambito mostrano come la manifattura del mobile possa diventare più centrata sulle persone grazie alla *robotica collaborativa e alle interfacce immersive*. Ad esempio, una scheda applicativa specifica è dedicata all'**Interazione uomo-robot (HRI)** (n. 1) nelle fabbriche di mobili, illustrando come i *robot collaborativi ("cobots")* possano assistere i lavoratori in attività come l'assemblaggio o la finitura delle superfici. Un'altra scheda applicativa riguarda l'uso della **Realtà Estesa (XR)** (n. 2), ovvero Realtà Aumentata e Realtà Virtuale, nella progettazione e nei processi di prototipazione del prodotto. Inoltre, è presente una scheda applicativa sull'**utilizzo della XR per la formazione e l'aggiornamento delle competenze della forza lavoro** (n. 3) nel settore del mobile. Attraverso questi esempi, i lettori vedranno come gli operatori possano lavorare *fianco a fianco con macchine intelligenti*: dall'uso di occhiali AR per visualizzare in 3D un nuovo progetto di cucine prima che venga realizzato, alla programmazione di un cobot semplicemente guidandolo nel movimento (anziché attraverso un codice complesso). Il messaggio chiave è che le tecnologie di Industria 5.0 possono rendere l'ambiente della fabbrica più interattivo, intuitivo e sicuro per le persone.



Materiali e funzionalità intelligenti

In questo ambito, una delle schede applicative è dedicata alle **funzionalità intelligenti applicate al settore del mobile** (n. 4), esplorando materiali avanzati e tecnologie integrate che conferiscono ai mobili nuove capacità. Ad esempio, si potrebbero ottenere prototipi di arredi intelligenti come un **tavolo che integra ricarica wireless e sensori**, oppure l'uso di **materiali a memoria di forma** che consentono ai componenti di auto-regolarsi. I contenuti evidenziano come i materiali intelligenti possano aggiungere valore (arredi che si adattano agli utenti o all'ambiente) e migliorare la sostenibilità (materiali più

durevoli o più facili da riciclare). Attraverso questa scheda applicativa, dirigenti e tecnici comprenderanno il concetto di *"materiali intelligenti"* in Industria 5.0 e come, nella costruzione del futuro del mobile, la scienza dei materiali sia importante quanto l'informatica.



Gemelli digitali e simulazione

In questo ambito rientrano due schede applicative che illustrano il potenziale della virtualizzazione e della modellazione. La prima riguarda i **gemelli digitali di prodotti e processi** (n. 5) e spiega come creare un gemello digitale di un elemento d'arredo o di un'intera linea di produzione possa aiutare nella progettazione, nei test e nella manutenzione. La seconda riguarda **tecnologie per la simulazione e la misurazione dell'impatto ambientale e sociale** (n. 6) nella manifattura del mobile. Questa scheda applicativa è particolarmente orientata al futuro: mostra strumenti in grado di simulare un processo (ad esempio, la finitura di un tavolo) e calcolarne le emissioni di carbonio o persino l'impatto ergonomico sui lavoratori. I lettori scopriranno come le simulazioni digitali possano guidare il processo decisionale verso configurazioni produttive più sostenibili ed ergonomiche. Insieme, queste schede applicative sottolineano un'idea chiave di Industria 5.0: *"misurare due volte, tagliare una volta"*, cioè utilizzare modelli digitali per perfezionare virtualmente processi e prodotti, risparmiando tempo e risorse nel mondo reale.



Integrazione e tracciabilità dei dati

Questo ambito riguarda i contenuti relativi a dati, integrazione e tracciabilità nel settore del mobile secondo l'ottica di Industria 5.0. Diverse schede applicative lo affrontano da punti di vista diversi:

- **Tracciabilità del prodotto con il Passaporto Digitale del Prodotto (DPP)** (n. 7): una delle schede applicative introduce il concetto di Passaporto Digitale del Prodotto per

i mobili. Descrive dettagliatamente come un sistema DPP possa tracciare un elemento d'arredo dalla materia prima alla fine della vita, archiviando informazioni quali l'origine del legno, gli adesivi utilizzati, l'impronta di carbonio e le istruzioni per il riciclo. Questo è direttamente collegato alle imminenti normative europee in materia di sostenibilità e rappresenta uno strumento pratico per conformità e trasparenza.

- **Elaborazione dei dati per i processi di apprendimento** (n. 8): questa scheda applicativa esamina il modo in cui le aziende possono trasformare dati grezzi in conoscenza operativa in Industria 5.0, dove fabbriche, macchinari e sistemi generano enormi quantità di dati; la sezione parla di metodi come machine learning o analisi dei dati che *apprendono* dai dati di produzione per ottimizzare le operazioni (ad esempio, analizzando i dati di una linea di produzione per identificare inefficienze o addestrandolo modelli di IA per prevedere problemi di qualità). Evidenza che la semplice raccolta dei dati non è sufficiente: per un miglioramento continuo occorre elaborarli e trarne *apprendimento*.
- **Interoperabilità di dati e sistemi** (n. 9): questa scheda applicativa affronta la sfida di integrare i vari sistemi IT e le apparecchiature affinché comunichino in modo efficace. In molte aziende del settore del mobile, software di progettazione, sistemi di controllo della produzione, database di inventario, ecc., possono essere isolati. La scheda applicativa illustra strategie e standard di interoperabilità (ad esempio, l'uso di formati di dati comuni o piattaforme IoT) per ottenere una fabbrica più connessa, come passo intermedio verso Industria 5.0, dove tutto è collegato in un ecosistema digitale.
- **IoT e integrazione di sensori in produzione e nei prodotti**: due schede applicative strettamente correlate si concentrano sulla messa in rete dei sensori, una a **livello di catena di produzione** (n. 10) e una a **livello di prodotto** (n. 11). La prima mostra come l'integrazione dell'IoT nel processo produttivo (reparto/fabbrica) consenta il monitoraggio in tempo reale e un'automazione più intelligente. Ad esempio, sensori apposti sui macchinari possono permettere la manutenzione predittiva, anticipando i guasti prima che si verifichino e migliorando così la resilienza. La seconda riguarda l'**IoT negli** stessi elementi d'arredo. Può spaziare da mobili da ufficio intelligenti che si adattano alle preferenze ergonomiche, a mobili connessi per la casa che interagiscono con i dispositivi dell'utente. Correlando questi argomenti, i lettori possono apprezzare l'intera portata della connettività: dai processi interni all'esperienza dell'utente finale, con flussi di dati che attraversano la catena del valore in entrambe le direzioni. Nel complesso, le sezioni di questo gruppo dati/tracciabilità mostrano come, in Industria 5.0, **l'informazione diventi importante quanto il prodotto fisico**, consentendo tracciabilità, decisioni più intelligenti e nuovi servizi.



Applicazioni dell'intelligenza artificiale

I contenuti inclusi in questo ambito approfondiscono le **innovazioni basate sull'IA** nel settore del mobile. Quattro schede applicative illustrano casi d'uso distinti dell'IA:

- **IA generativa per progettazione personalizzata e prototipazione rapida** (n. 12): questa scheda applicativa illustra come gli algoritmi generativi possano creare rapidamente varianti di design o persino prototipi visivi. Ad esempio, un'IA potrebbe generare decine di proposte di sedie in base al brief del designer o al feedback dei consumatori, accelerando in modo significativo il processo iterativo. Può includere esempi di design di arredi generati dall'IA o mostrare come la stampa 3D possa essere combinata con l'IA per una prototipazione rapida
- **Sistemi di gestione della conoscenza basati sull'IA** (n. 13): qui l'attenzione è rivolta all'uso dell'IA per acquisire e organizzare la conoscenza all'interno di un'azienda del settore del mobile. Ciò può tradursi in un database intelligente interrogabile in linguaggio naturale (consentendo ai dipendenti di porre domande come *"Come è stato risolto il problema dell'imbottitura di questo modello l'anno scorso?"* e ottenere risposte dai registri storici), oppure in chatbot basati su IA che assistono nella formazione del nuovo personale rispondendo a domande tecniche. La scheda applicativa presenta l'IA come strumento di supporto per preservare competenze e guidare i dipendenti, in linea con l'approccio centrato sulle persone.
- **Ottimizzare marketing e vendite con l'IA generativa** (n. 14): questa scheda applicativa analizza il versante rivolto al cliente, mostrando come l'IA possa personalizzare e automatizzare i contenuti. Rivenditori e produttori di mobili spesso devono creare cataloghi, visualizzazioni degli ambienti o testi promozionali: l'IA generativa può automatizzare una parte di questa attività, creando materiali di marketing mirati per pubblici diversi o soluzioni di progettazione degli interni interattive per i clienti in tempo reale. Mostra come, anche oltre il reparto produttivo, l'IA possa generare valore nel settore del mobile, aumentando il coinvolgimento del cliente e sbloccando nuova creatività nel marketing.
- **Analisi e riconoscimento di pattern tramite IA** (n. 15): L'ultima scheda applicativa dedicata all'IA riguarda il suo utilizzo per l'analisi dei dati e il supporto alle decisioni. Riguarda l'uso di analisi avanzate o machine learning per individuare pattern in dataset complessi, ad esempio, tendenze nelle preferenze dei consumatori, pattern delle prestazioni dei macchinari o colli di bottiglia nella catena di approvvigionamento, e supportare i responsabili nelle decisioni strategiche. Implementando questo tipo di IA analitica, le aziende del settore del mobile possono orientarsi verso strategie basate sui dati, rendendo l'impresa più resiliente e reattiva al cambiamento (un esito chiave di Industria 5.0).

Esplorando queste schede applicative dedicate all'IA, i lettori comprenderanno come **l'intelligenza artificiale sia uno strumento versatile in Industria 5.0**, dalla progettazione creativa a operazioni aziendali più intelligenti, con l'obiettivo costante di integrare le competenze umane e migliorare la produttività in modo sostenibile.

Manuale FURN5.0: struttura dei contenuti

I contenuti del manuale FURN5.0 sono organizzati nei cinque ambiti tecnologici indicati sopra:

2 *Struttura dei contenuti del manuale FURN5.0*

La seguente tabella riepiloga le schede applicative menzionate sopra (numerata) incluse in ciascun ambito tecnologico.

3 *Schede applicative del manuale FURN5.0*

I contenuti seguono un **flusso logico che parte dalle tecnologie di interazione uomo-macchina, passando attraverso infrastrutture digitali e culminando nell'IA**. All'interno di ciascun ambito, le sezioni trattano le singole schede applicative come descritto.

Questa classificazione presenta due vantaggi:

Rispecchia la struttura delle tecnologie di Industria 5.0 introdotte in precedenza, rafforzando la comprensione del lettore attraverso il raggruppamento di temi correlati (ad esempio, dopo aver letto nell'introduzione di robot collaborativi e AR/VR, il lettore troverà immediatamente la sezione corrispondente nell'area HMI).

Evidenzia le **interconnessioni** tra le sezioni. I lettori interessati a un determinato aspetto (ad esempio, la connettività) possono trovare facilmente riunite tutte le sezioni relative ai dati, ottenendo così un quadro completo di come tracciabilità, interoperabilità e IoT contribuiscano congiuntamente a un ecosistema di Industria 5.0 connesso.

Alcune schede applicative riguardano più ambiti (ad esempio, un cobot utilizza l'IA per la visione artificiale, oppure anche uno strumento di progettazione basato su IA può rappresentare una forma di interazione uomo-macchina). In tali casi, la classificazione si basa sull'obiettivo principale della sezione. L'ordine proposto non è l'unico possibile, ma offre un percorso chiaro e didattico, dalle innovazioni tangibili sul reparto produttivo (robot, materiali) fino alle innovazioni digitali e immateriali (dati, IA).

Sintesi

Questo capitolo introduttivo è pensato per aiutare i lettori a orientarsi tra le schede applicative del manuale FURN5.0. Il manuale chiarisce cosa significa Industria 5.0, in particolare per i produttori del settore del mobile, e individua le tecnologie chiave che permettono questa trasformazione. In sintesi, **Industria 5.0 punta a integrare tecnologie avanzate con una forte centralità**

2

Struttura dei contenuti del manuale delle applicazioni FURN5.0

1	Interazione uomo-macchina
2	Materiali intelligenti
3	Gemelli digitali e simulazione
4	Integrazione di dati e IoT
5	Intelligenza artificiale

3

Applicazioni FURN5.0

1	Interazione uomo-robot (HRI)
2	Realtà Estesa (XR)
3	Utilizzo della XR per formazione e aggiornamento delle competenze del personale
4	Funzionalità intelligenti applicate al settore del mobile
5	Gemelli digitali di prodotti e processi
6	Tecnologie per simulazione e misurazione dell'impatto ambientale e sociale
7	Tracciabilità dei prodotti con il Passaporto Digitale del Prodotto (DPP)
8	Elaborazione dei dati per processi di apprendimento
9	Interoperabilità di dati e sistemi
10	Integrazione di IoT e sensori nella catena di produzione e nei prodotti
11	Integrazione di IoT e sensori nei prodotti
12	IA generativa per progettazione personalizzata e prototipazione rapida
13	Sistemi di gestione della conoscenza basati su IA
14	Ottimizzazione di marketing e vendite con l'IA generativa
15	Analisi di dati e modelli tramite IA

delle persone e un approccio attento all'ambiente: una fabbrica di mobili in cui gli artigiani lavorano insieme ai cobot, in cui la progettazione è accelerata dall'IA ma guidata dalla natura e dalla sostenibilità, e in cui ogni prodotto è accompagnato da un passaporto che ne racconta il percorso di sostenibilità. Le quindici schede applicative incluse nel manuale illustrano questi concetti con esempi concreti e casi d'uso.

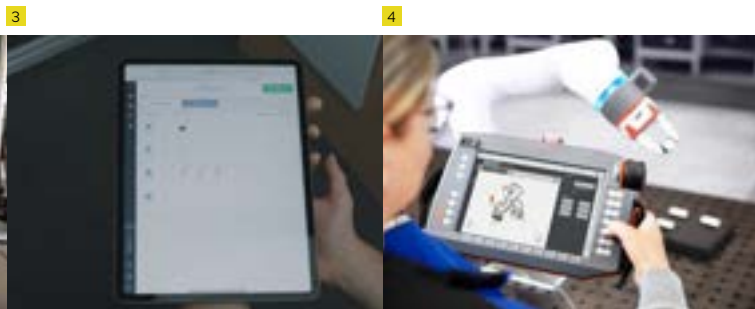
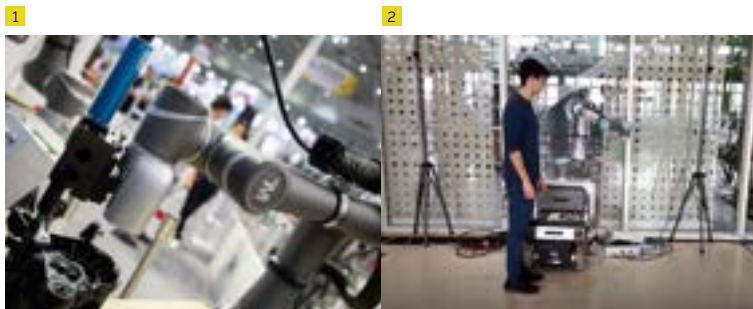
Le schede vengono rappresentate in modo strutturato (raggruppate per ambito), pertanto, i lettori possono individuare facilmente gli argomenti di interesse e comprendere come ogni elemento si inserisca nel quadro più ampio di Industria 5.0. Che si tratti di un responsabile o di un tecnico del settore del mobile che valuta una strategia di innovazione, di un dipendente curioso sul futuro del proprio lavoro o, semplicemente, di un appassionato di design intelligente, ogni sezione offre spunti utili. **L'era di Industria 5.0 nel settore del mobile sta iniziando**, e promette un futuro in cui tecnologia e maestria artigianale uniscono le forze per creare un settore del mobile più intelligente, sostenibile e centrato sulle persone.

In definitiva, il progetto FURN5.0 mira a fornire agli stakeholder conoscenze e strumenti necessari per affrontare questa transizione. Comprendendo gli spunti presentati in queste sezioni, dirigenti e responsabili del settore saranno meglio preparati a contribuire a plasmare un "futuro intelligente del mobile".

Benvenuti in Industria 5.0!

Interazione uomo-robot
(HRI) nel settore del mobile

1



Difficoltà di implementazione: **bassa**Fattibilità economica: **medio-alta**

Interazione uomo-robot (HRI) nel settore del mobile



Descrizione

Nella transizione verso Industria 5.0, l'interazione uomo-robot si evolve oltre la semplice collaborazione fisica, per includere interazione cognitiva, controllo intuitivo e semplificato da parte dell'operatore in tempo reale. Nel settore manifatturiero del mobile, questo implica robot e sistemi di IA progettati per adattarsi ai bisogni, alle competenze e alle intenzioni umane, anziché richiedere che i lavoratori si adattino alla macchina.

1 Il braccio collaborativo Techman Robot esegue operazioni di avvitatura guidate dal sistema integrato di visione artificiale per l'assemblaggio automatizzato. Fonte: Techman Robot

Alla luce di ciò, il primo orientamento della robotica in Industria 5.0 è la collaborazione con l'essere umano. I robot collaborativi sono quelli che rispettano gli standard ISO10218 e ISO TC 15066. Sono robot progettati per limitare la forza e l'energia d'impatto. A differenza dei robot industriali tradizionali (che in genere operano dietro barriere di sicurezza), i cobot integrano sensori di forza e funzioni di limitazione del movimento, così da poter condividere in sicurezza lo spazio di lavoro con le persone. Tra le caratteristiche più rilevanti da considerare per questi robot vi sono la capacità di carico, il raggio d'azione e la ripetibilità, per facilitare attività gravose che richiedono precisione.

La robotica collaborativa è necessaria, ma non sufficiente rispetto alle esigenze della robotica per Industria 5.0. I robot devono disporre di capacità di ragionamento intelligente, in modo da garantire all'operatore una costante consapevolezza situazionale dell'ambiente. La robotica cognitiva sfrutta l'attuale contesto dell'IA come tecnologia emergente per interpretare azioni umane, dati ambientali e contesto produttivo, consentendo comportamenti adattivi (ad esempio, regolando la forza applicata in base alla durezza del materiale oppure rilevando difetti e informando l'operatore).

A questo punto, è opportuno sottolineare l'importanza della segnalazione non invasiva, insieme alla fornitura di informazioni ambientali complete e delle intenzioni della macchina alle persone. Strategie come il Looming offrono agli operatori una visualizzazione dei piani di movimento del robot, dei movimenti imminenti e delle intenzioni (proiezioni luminose sull'area di lavoro), ga-

rantendo che sappiano sempre cosa sta per fare il robot e riducendo così incertezza e stress.

2 Robot collaborativo UR5 di Universal Robots durante il test della strategia di Looming. L'operatore può osservare le proiezioni luminose sul pavimento per comprendere l'intenzione del movimento del robot. Fonte propria.

Un'altra strategia di interazione uomo-robot è l'integrazione di un'IA conversazionale. I modelli di elaborazione del linguaggio naturale permettono agli operatori di porre domande al robot, impartire istruzioni o richiedere spiegazioni in linguaggio parlato naturale, facilitando un controllo intuitivo e accessibile. Questo approccio garantisce che gli operatori siano sempre consapevoli delle azioni imminenti del robot, riducendo al minimo incertezza e stress.

L'interazione uomo-robot implica anche dotare l'operatore di competenze e capacità per controllare il robot. Questo si ottiene semplificando i controlli dei robot. Riguarda la generazione automatica delle traiettorie del robot a partire dai formati visivi di un componente o del mobile assemblato. Si tratta di una soluzione efficace per operazioni di trattamento superficiale, il cui percorso viene generato automaticamente a partire da un file CAD.

3 Simulazione di un sistema di generazione automatica della traiettoria che programma i percorsi. OnRobot

Un ulteriore approccio consiste nel facilitare l'accesso alla programmazione di processo. La programmazione a blocchi è un metodo visivo e guidato per pianificare la sequenza di attività che il robot deve eseguire. Questa metodologia consente anche a operatori senza una formazione specifica di generare programmi che il robot è in grado di interpretare ed eseguire.

4 Programmazione dei robot basata su blocchi con Teach Pendant KUKA. Fonte: KUKA



Applicazione

La robotica collaborativa e cognitiva trova un'applicazione diretta nel settore manifatturiero del mobile grazie all'ampia libertà di movimento offerta dai 6 assi (standard), al carico gestibile (5-10 kg) e all'elevata ripetibilità. Allo stesso tempo, offre maggiore sicurezza per il lavoratore, poiché può essere controllata da una certa distanza, evitando l'esposizione a condizioni pericolose o insalubri.

Alcune attività del settore del mobile in cui può essere applicata la robotica collaborativa:

- Fresatura del legno: La fresatura robotizzata offre un

grado di flessibilità molto elevato rispetto ad altre forme di automazione della stessa tecnica. Strategie come il Looming possono aumentare la sicurezza e la fiducia nell'interazione uomo-robot. Inoltre, la configurazione della fresatura può risultare più semplice per l'operatore se programmabile in modo visivo.

- Levigatura e trattamento delle superfici: Il grande vantaggio dell'uso dei robot per la levigatura è la costanza della finitura superficiale che riescono a garantire. La robotica collaborativa consente di programmare il percorso del robot tramite dimostrazione e il robot muoverà l'utensile abrasivo sulla superficie del materiale nello stesso modo, ogni volta. Queste attività possono essere eseguite in modo più efficiente con processi di generazione automatica dei percorsi dell'utensile che attraversano la superficie del pezzo a partire dall'inserimento del CAD del componente.
- 9 Robot Dobot-Robots CR5 dotato di testa di levigatura esegue una levigatura adattativa della superficie tramite controllo a forza costante. Fonte: Dobot-Robot.
- Verniciatura e rivestimento: i robot per la verniciatura sono un'ottima opzione per migliorare l'efficienza delle attività di verniciatura nel settore del mobile. Come per la levigatura, la traiettoria del robot per la verniciatura può essere generata automaticamente a partire dal CAD della superficie da trattare.
- 10 Robot collaborativo Universal Robot durante un'operazione di verniciatura a polvere su una struttura metallica. Fonte: Universal Robots
- Assemblaggio dei componenti: i cobot possono assistere nelle operazioni di presa, allineamento o avvita-tura/fissaggio. In pratica, i cobot possono occuparsi di passaggi ripetitivi (ad esempio, inserimento di perni, montaggio di cerniere), mentre gli esseri umani eseguono regolazioni di fine. Scenari di pianificazione avanzati mostrano la potenzialità di linee di assemblaggio miste umano-robot nelle fabbriche del settore del mobile. Attraverso la guida vocale basata su comandi sequenziali in linguaggio naturale, può essere possibile migliorare l'efficienza e l'ergonomia dell'assemblaggio dei mobili.
- 11 Cobot Omron con sistema di visione integrato per l'ispezione automatica della qualità, principalmente focalizzata sul rilevamento di anomalie. Fonte: Sito di Omron, caso d'uso UNIKA.
- Ispezione: i robot possono essere integrati con sistemi visivi, scanner a ultrasuoni e altri sensori. Questo accelera il processo di ispezione dei mobili.
- Scalabilità dimensionale: un grande vantaggio nell'utilizzo dei robot per la produzione di mobili è l'ampiezza dello spazio di lavoro. È possibile aumentare lo spazio di lavoro di quasi qualsiasi robot semplicemente aggiungendo assi esterni. Questo è molto utile quando si lavora su elementi d'arredo di grandi

dimensioni; rende più semplice la scalabilità e riduce i tempi rispetto ad altre forme di automazione.

- Palettizzazione: esistono già soluzioni di palettizzazione in cui interagiscono persone e robot collaborativi, garantendo maggiore sicurezza e precisione nelle operazioni di pick & place. Marcatori visivi proiettati sull'area di lavoro aumentano la fiducia e la sicurezza dell'operatore.

12 Robot KUKA con braccio per la movimentazione del materiale in legno



Aspetti dell'implementazione

■ Difficoltà di implementazione: bassa

L'ecosistema della maggior parte dei robot collaborativi è progettato per un'implementazione rapida e semplice. Poiché questi robot sono generalmente di dimensioni ridotte, spesso vengono fissati direttamente ai banchi da lavoro. Anche il controller del robot di norma è compatto, rispetto ai controller industriali tradizionali. La maggior parte dei produttori mette a disposizione tutorial per l'autoapprendimento, oltre a offrire formazione sulla messa in servizio. L'ambiente di programmazione di un robot collaborativo per eseguire operazioni semplici, ad esempio, movimenti e azioni di pick & place, è intuitivo.

Inoltre, i robot collaborativi vengono programmati in modo standard tramite dimostrazione; si sposta manualmente il robot nei punti di interesse e il robot poi ripete i movimenti. Soprattutto, la maggior parte dispone di sistemi di programmazione grafica, che si discostano dalla programmazione tradizionale testuale e semplificano il processo.

Molti robot collaborativi offrono un ecosistema hardware/software simile a un app store per telefoni cellulari. Si acquista un componente hardware specifico (ad esempio, un gripper), lo si monta sul robot, si scarica software da un repository e lo si installa direttamente, a quel punto il robot è pronto a operare. Non è necessario configurare nulla, il sistema lo fa automaticamente.

■ Fattibilità economica: medio-alta

La fattibilità economica dell'implementazione di robot collaborativi nella manifattura del mobile è medio-alta, grazie al loro equilibrio tra costo iniziale e benefici operativi. Con prezzi compresi tra 25.000 a 50.000 euro, i cobot possono automatizzare attività ripetitive senza la necessità di dedicare risorse di sicurezza (gabbie, elementi di sicurezza attivi, ecc.) esclusivamente al loro

funzionamento, aumentando la produttività e riducendo gli infortuni sul lavoro. La facilità di programmazione e la flessibilità nell'adattarsi a diversi processi li rendono redditizi nel medio termine, soprattutto in ambienti di produzione variabili o personalizzati.

Per un robot industriale, si considera spesso una ripartizione dei costi pari a 33% per il robot + 33% per periferiche ed elementi aggiuntivi + 33% per programmazione e messa in servizio. Un robot collaborativo può ridurre il fabbisogno di periferiche e programmazione. Con l'impiego della robotica collaborativa si stima una riduzione del 27,5%.

■ Fattori umani

L'integrazione dei robot collaborativi (cobot) nella manifattura del mobile modifica significativamente il modo in cui i lavoratori interagiscono con la tecnologia, con le attività e tra loro. Sebbene i cobot siano progettati per operare in sicurezza vicino alle persone, è comune che inizialmente i lavoratori mostrino esitazione, spesso dovuta a scarsa familiarità, percezione del rischio o timore di sostituzione del posto di lavoro. Affrontare tali preoccupazioni richiede una comunicazione trasparente, dimostrazioni pratiche e una chiara spiegazione del modo in cui i cobot supportino (e non sostituiscano) il ruolo umano. Dal punto di vista psicologico, i cobot devono essere percepiti come compagni di squadra e non come macchine intrusive. I lavoratori che si sentono coinvolti nell'implementazione e che possono influenzare il modo in cui i cobot vengono integrati sono più propensi ad accettare e adottare la tecnologia.

La fiducia si costruisce attraverso un comportamento costante dei cobot, feedback chiari (ad esempio, segnali visivi o acustici) e zone di sicurezza ben definite. È inoltre fondamentale che i cobot rispettino normative di sicurezza come ISO 10218 e ISO/TS 15066, che definiscono i requisiti per un'interazione fisica sicura e limiti di forza nella collaborazione uomo-robot. L'interazione regolare e il trasferimento graduale delle attività aiutano i lavoratori ad acquisire familiarità e fiducia nel tempo. Gli operatori devono essere formati non solo sugli aspetti tecnici della programmazione e della supervisione dei cobot, ma anche sulla pianificazione collaborativa delle

attività e sulla risoluzione dei problemi di base. I cobot moderni spesso utilizzano interfacce low-code facili da usare o programmazione basata su gesti, riducendo la curva di apprendimento se adeguatamente guidati.

Delegando attività fisiche gravose o ripetitive, i cobot riducono l'affaticamento, prevengono lesioni muscoloscheletriche e consentono anche ai lavoratori più anziani o con minore capacità fisica di continuare a contribuire in modo attivo. Tuttavia, questi benefici ergonomici devono essere supportati da una corretta progettazione delle postazioni di lavoro. Gli ambienti collaborativi dovrebbero essere co-progettati con il contributo degli operatori, per garantire comfort, flusso delle attività e visibilità. Layout progettati in modo inadeguato possono creare confusione o problemi di sicurezza.

In definitiva, i cobot hanno maggior successo quando non sono considerati dei sostituti, ma abilitatori di un ambiente di lavoro più equilibrato, sicuro e gratificante.

■ Fattori ambientali

L'implementazione di robot collaborativi (cobot) nella manifattura del mobile solleva importanti considerazioni ambientali sia a livello di postazione di lavoro sia lungo l'intero ciclo di vita del prodotto. Per quanto riguarda le condizioni operative immediate, lo spazio fisico è un fattore critico: i cobot richiedono spazio sufficiente per un'interazione sicura con le persone, nonché per l'accesso a utensili e materiali. Soluzioni di montaggio compatte e flessibili (a pavimento, a banco, a soffitto) aiutano a ottimizzare i layout in reparti con spazio limitato. Anche illuminazione e visibilità svolgono un ruolo fondamentale, in particolare per i cobot dotati di sistemi di visione, dove un'illuminazione stabile migliora la precisione e riduce gli sprechi di materiale dovuti a errori di ispezione o rilavorazioni. La polvere generata dalla lavorazione del legno, insieme a elevata umidità o temperatura, può influire su sensori e giunti, rendendo necessarie protezioni o manutenzione preventiva.

5



6



7



8



Dal punto di vista del ciclo di vita, gli impatti ambientali dei cobot interessano diverse fasi. L'estrazione di materiali per i metalli (ad esempio, alluminio, acciaio) e di elementi delle terre rare (ad esempio, neodimio) comporta un'elevata impronta ecologica. La fase produttiva è ad alta intensità energetica, mentre nella fase d'uso i cobot possono migliorare l'efficienza delle risorse riducendo gli scarti e abilitando flussi di lavoro just-in-time. Tuttavia, la robotica basata sull'IA spesso dipende anche da data center e infrastrutture cloud che consumano quantità significative di energia e acqua. Inoltre, a fine vita i cobot contribuiscono ai rifiuti elettronici; il loro design mecatronico complesso può complicare lo smontaggio e il riciclo.

Sul fronte positivo, l'integrazione della robotica cognitiva basata sull'IA consente una pianificazione dei movimenti più precisa e comportamenti adattivi, minimizzando movimenti inutili, riducendo il consumo energetico e migliorando l'utilizzo dei materiali. Per un'implementazione realmente sostenibile, sono essenziali progressi in processori ad alta efficienza energetica, chip neuro-morfici e ottimizzazione dell'AI in edge, così da ridurre l'impronta ambientale dei sistemi robotici intelligenti.

■ Allineamento a certificazioni e normative

La robotica collaborativa è regolamentata principalmente dalla ISO 10218-1/2 e dalla ISO/TS 15066, che stabiliscono i requisiti di sicurezza per robot industriali e collaborativi. La ISO 10218 definisce linee guida generali per la progettazione e l'operatività in sicurezza, mentre la ISO/TS 15066 integra tali requisiti per applicazioni collaborative specificando limiti di forza, pressione e contatto sicuro tra robot e persona.

L'installazione di un robot collaborativo richiede una certificazione globale che includa robot, utensili e software. Esistono aziende specializzate nella certificazione dell'uso dei cobot secondo gli standard vigenti, che effettuano misurazioni fisiche e verificano che non vengano superati i limiti consentiti.



Interazione uomo-robot (HRI) nel settore del mobile



Soluzioni



Cella di levigatura automatizzata

Mirka + Universal Robots

Finlandia / Danimarca ↔

Una soluzione di levigatura flessibile basata su cobot, progettata per la finitura delle superfici di legno e mobili. Il sistema integra in modo fluido la levigatrice elettrica di Mirka con i bracci collaborativi di Universal Robots, offrendo movimenti programmabili e ripetibili. Supporta un cambio utensile rapido, il controllo della pressione regolabile e la compatibilità con diversi tipi di carta abrasiva, risultando ideale per superfici piane e curve dei mobili.



Interfaccia no-code per la programmazione dell'assemblaggio robotizzato

YK-Robotics

Italia ↔

Questa soluzione robotizzata per incollaggio e dosaggio è ottimizzata per processi di assemblaggio di legno e mobili. Dispone di un'interfaccia no-code, orientata agli oggetti, che consente una programmazione semplice, intuitiva e flessibile delle celle robotizzate. Sia gli sviluppatori sia gli operatori di macchina possono creare e modificare programmi senza esperienza previa in programmazione, adattandosi rapidamente a nuove geometrie di prodotto o a diversi adesivi.



Movimentazione robotizzata dei materiali per il settore del mobile

Dexterity

Stati Uniti ↔

Dexterity offre robot basati su IA per attività complesse di movimentazione dei materiali, come prelievo, palletizzazione e smistamento di componenti d'arredo ingombranti. Questi robot operano in sicurezza accanto alle persone, si adattano in tempo reale a ambienti imprevedibili e richiedono uno sforzo di integrazione minimo. I loro bracci agili e i sistemi di percezione gestiscono con precisione oggetti irregolari o fragili.



Programmazione robotica basata su IA

Programmazione robotica basata su IA

Canada ↔

RoboDK è una potente piattaforma offline di programmazione e simulazione per robot industriali. Consente di importare modelli CAD, definire percorsi utensile e generare programmi robotizzati senza interrompere la produzione. Le applicazioni includono saldatura,

fresatura, verniciatura, ispezione e pick-and-place, con funzionalità potenziate dall'IA per l'ottimizzazione dei percorsi e per evitare collisioni.



Assistente robotico intelligente multisensoriale (MAIRA) per il settore del mobile

Neura Robotics

Germania ↔

MAIRA è un robot cognitivo all-in-one che combina visione artificiale, intelligenza artificiale, percezione dell'ambiente e controllo vocale/gestuale. Nella manifattura del mobile, gestisce attività di levigatura, foratura, incollaggio e ispezione, adattandosi a materiali e forme variabili. Consente una collaborazione uomo-robot sicura e intuitiva senza barriere, migliorando qualità e flessibilità sul reparto di produzione.



Acceleratore IA

Universal Robots (con la casa madre Teradyne Robotics e Mobile Industrial Robots - MiR), in partnership con NVIDIA (piattaforma di robotica Isaac™)

Stati Uniti ↔

I cobot potenziati dall'IA acquisiscono la capacità di apprendere, adattarsi e prendere decisioni informate basate su input sensoriali, gestendo attività complesse come il bin-picking di oggetti diversi. I cobot comprendono meglio l'ambiente circostante, pianificano percorsi ottimali ed eseguono le attività in modo sicuro ed efficiente. Ad esempio, il MiR1200 Pallet Jack è in grado di gestire requisiti di magazzino complessi e ambienti dinamici grazie al LiDAR per una navigazione completamente autonoma.



Verniciatura a spruzzo di oggetti di grandi dimensioni con cobot e videocamera 3D

Cefla

Italia ↔

iGiotto è un robot antropomorfo avanzato a 6 assi per la verniciatura a spruzzo, progettato per la finitura di oggetti grandi e complessi come porte, telai di finestre e diversi componenti d'arredo. Con lo scanner opzionale 2D/3D c-Vision, può generare autonomamente percorsi di spruzzatura accurati, eliminando la necessità di programmazione manuale e riducendo i tempi di configurazione del 50%. La sua capacità di spruzzatura in linea consente un controllo in tempo reale, inclusa la possibilità di rallentare o fermare il nastro trasportatore quando necessario.



Esempi



Alnea
Polonia



Imballaggio di componenti d'arredo in confezione flat-pack: Il sistema robotizzato per l'imballaggio dei mobili di Alnea utilizza una visione avanzata per il picking intelligente e il controllo della traiettoria. Il cobot integra il riconoscimento delle immagini basato su IA per individuare i componenti, adattarsi alla loro posizione e pianificare in tempo reale percorsi privi di collisioni. Questo garantisce un imballaggio efficiente e che non danneggi componenti d'arredo eterogenei, soprattutto in linee di produzione variabili.



Techman Robots
Taiwan



Cobot cognitivo per la levigatura: L'applicazione collaborativa di levigatura di Techman Robots combina IA, sistemi di visione e controllo della forza per adattarsi a diverse superfici di arredi. Questi cobot identificano la forma degli oggetti, regolano dinamicamente la pressione di levigatura ed eseguono traiettorie precise. La visione intelligente integrata li rende ideali per attività automatizzate di finitura del legno nella produzione di mobili.



Pickle Robot
Stati Uniti



Depallettizzazione robotizzata basata su IA: Pickle Robot offre una soluzione di depallettizzazione robotizzata basata su IA per carichi non strutturati, come le scatole di mobili. Il sistema utilizza la percezione in tempo reale per identificare, afferrare e movimentare in modo efficiente articoli misti. Senza la necessità di layout predefiniti, consente uno scarico flessibile e autonomo, ottimizzando l'intervento della manodopera e il flusso operativo nella logistica del mobile.



CMA Robotics
Italia



Finitura automatizzata del legno: CMA Robotics ha implementato sistemi robotizzati avanzati per la verniciatura automatizzata di componenti d'arredo in legno, tra cui sedie, tavoli e pannelli. Questi sistemi utilizzano una tecnologia di visione 3D per identificare e verniciare con precisione forme diverse, migliorando la qualità della finitura e l'efficienza produttiva nel settore del mobile.



Medienos Era
Lituania



Automazione del packaging su misura: Medienos Era, un produttore lituano di mobili in legno massiccio, ha implementato la soluzione RoboCut sviluppata da Industrial Robotics Company. Questo sistema robotizzato consente la produzione interna di imballaggi personalizzati in cartone, riducendo gli sprechi e migliorando l'efficienza logistica. La tecnologia garantisce una qualità costante e maggiore flessibilità nella gestione di diverse dimensioni del prodotto.



Becker Romania (controllata della società tedesca Becker Brakel)
Romania



Attività di assemblaggio: adozione di due robot collaborativi (UR10) che lavorano in tandem per gestire il dosaggio della colla e operazioni di pick & place nella linea di produzione di componenti in legno stampato, con operatori umani che lavorano accanto ai due robot collaborativi. La configurazione è controllata tramite teach pendant ed è stato adottato il programma predefinito CircleMove per la programmazione; sono state definite variabili specifiche dell'applicazione per interagire con gli operatori, ad esempio, per avvisarli quando è necessario sostituire l'adesivo.



Industrial Robotics
Lituania



Robot carpentiere: la soluzione per la produzione di componenti in legno di Industrial Robotics utilizza una cella RoboMill a 6 assi dotata di cambi utensile automatici per foratura, fresatura, rifilatura e rivettatura. Questo sistema robotizzato flessibile gestisce componenti complessi di telai in legno. La configurazione programmabile consente produzioni in piccoli lotti e geometrie variabili, riducendo la dipendenza da manodopera altamente qualificata. Dopo aver creato i progetti CAD/CAM, l'operatore deve semplicemente inserire il numero d'ordine e la quantità, caricare i semilavorati sul nastro trasportatore e avviare il sistema. Il robot carpentiere esegue quindi le operazioni in autonomia.

Realtà estesa nei processi di progettazione
e prototipazione del prodotto



Difficoltà di implementazione: **media**Fattibilità economica: **medio-alta**

Realtà estesa nei processi di progettazione e prototipazione del prodotto



Descrizione

La Realtà Estesa (XR) comprende l'intero spettro delle tecnologie immersive, incluse la Realtà Virtuale (VR), la Realtà Mista (MR) e la Realtà Aumentata (AR). Nel contesto della progettazione e prototipazione del settore del mobile, la tecnologia XR consente di interagire con modelli digitali tridimensionali sia in ambienti virtuali che fisici, offrendo un'esperienza altamente realistica. Questa tecnologia si basa sull'integrazione di hardware specializzato (visori, controller, sensori) e software, per creare ambienti simulati o sovrapporre informazioni digitali a contesti reali.

La XR rappresenta un cambiamento di paradigma. Prima della sua diffusione, la progettazione di oggetti tridimensionali come i mobili avveniva sempre tramite interfacce piatte, che fossero carta e matita o mouse e schermo. Ora è possibile progettare arredi direttamente in tre dimensioni, verificando istantaneamente e con precisione dimensioni, funzionalità ed ergonomia.

Durante la fase di definizione del concept, XR consente ai progettisti di visualizzare un prototipo a grandezza naturale con elevata fedeltà, valutandone ergonomia, estetica e funzionalità prima di passare alla produzione fisica. Permette inoltre una rapida iterazione di molteplici varianti di design, riducendo i costi e accorciando i tempi di sviluppo. Gli utenti possono camminare virtualmente attorno al modello di una sedia, verificarne le proporzioni o persino simulare la seduta per testare il comfort della forma.

D'altra parte, la Realtà Aumentata consente di interagire con oggetti virtuali nello spazio fisico. Nella progettazione di arredi personalizzati, i clienti possono utilizzare un dispositivo mobile o occhiali AR per selezionare finiture, colori o dimensioni mentre osservano l'elemento sovrapposto al proprio ambiente. Ciò innalza il livello di co-creazione, poiché il cliente partecipa attivamente al processo di progettazione e prototipazione, regolando

i parametri in tempo reale e visualizzando immediatamente il risultato.

La XR si integra naturalmente con altri abilitatori digitali, come i gemelli digitali o l'Internet delle Cose (IoT). Ad esempio, i dati dei sensori (materiali, sollecitazioni, resistenza) possono essere acquisiti e visualizzati in tempo reale su un modello 3D immersivo. Questo supporta decisioni basate sui dati, riduce al minimo gli errori e promuove la sostenibilità, evitando la necessità di dover realizzare molteplici prototipi fisici.

In definitiva, la Realtà Estesa offre benefici tangibili al settore del mobile: prototipi più veloci e accurati, maggiore personalizzazione del prodotto in base alle preferenze dei clienti e un processo di progettazione altamente flessibile e collaborativo. Tutto ciò si traduce in una riduzione degli sprechi, tempi di sviluppo più brevi e un'esperienza più soddisfacente per l'utente finale. La XR, grazie alle sue capacità di manipolazione immersiva e virtuale, è uno strumento chiave nella trasformazione digitale del settore del mobile, guidandolo verso modelli di business basati su innovazione, efficienza e responsabilità ambientale.



Applicazione

La Realtà Estesa ha un impatto decisivo sui processi di progettazione e prototipazione nel settore del mobile, offrendo una piattaforma immersiva per visualizzare, iterare e validare rapidamente le idee senza affidarsi esclusivamente a prototipi fisici. Il suo valore maggiore risiede nella capacità di ricreare spazi di lavoro virtuali dove team di progettazione, clienti e altri stakeholder possono esaminare un modello 3D altamente dettagliato e realistico.

In primo luogo, le simulazioni immersive che utilizzano la VR permettono una valutazione efficace delle caratteristiche formali ed estetiche. Il mobile prende vita in uno spazio virtuale a grandezza naturale, offrendo prospet-

5



6



tive impossibili da ottenere con i tradizionali disegni 2D. Ciò consente di apportare correzioni anticipate a ergonomia o dimensioni senza consumare materiali o risorse per prototipi fisici.

La XR consente anche la co-creazione diretta con i clienti.

Utilizzando la AR, un prototipo digitale può essere sovrapposto all'ambiente dell'utente, ad esempio, un soggiorno o un ufficio, e colori, texture o configurazioni strutturali possono essere modificati. In questo modo il cliente definisce attivamente il prodotto, vede immediatamente le modifiche e valuta quanto si integri con l'estetica e lo spazio disponibile. Questa dinamica aumenta la soddisfazione e riduce resi ed errori di produzione. Altre caratteristiche, come il feedback fisico, differenze nelle texture reali dei materiali e persino gli odori del legno e di altri materiali, restano un problema da risolvere per ottenere un'immersione davvero completa e includere ulteriori fattori decisionali che non sono necessariamente oggettivi dal punto di vista ingegneristico, ma più legati alle percezioni emotive.

Un'altra applicazione chiave è la validazione funzionale nelle fasi iniziali. Il prototipo virtuale può essere sottoposto a "test d'uso" simulati per analizzarne il comportamento in diverse condizioni di carico, sollecitazione o movimento. Quando la XR è integrata con strumenti di analisi dei dati e sensori (gemelli digitali), si ottengono misurazioni più precise per le prove strutturali, migliorando qualità e sicurezza del progetto finale.

La collaborazione è un altro fattore critico. Ingegneri, designer e fornitori possono connettersi contemporaneamente a un ambiente VR condiviso per discutere e rivedere aspetti del prototipo in tempo reale, indipendentemente da luogo in cui si trovano. Questa comunicazione fluida snellisce il processo decisionale, evita fraintendimenti e favorisce la creatività collettiva.

Infine, la XR incide in modo significativo sull'ottimizzazione delle risorse nei processi di innovazione del prodotto, riducendo al minimo la necessità di molteplici prototipi fisici. Se la prototipazione fisica tradizionale costa tra 2.000 e 15.000 dollari per ogni iterazione di ciascun elemento d'arredo, l'implementazione della XR riduce tale costo del 60-80%, con un periodo di rientro dell'investimento tipicamente pari a 8-12 mesi per le aziende del mobile di medie dimensioni. In base a casi di studio del settore, la riduzione dei tempi di sviluppo è mediamente del 30-50%. Ogni iterazione virtuale rappresenta un passo concreto verso la versione finale, con un minor impiego di materiali: ciò non solo supporta la sostenibilità ambientale, ma allevia anche la pressione economica nelle fasi iniziali della progettazione dei prodotti d'arredo.



Aspetti dell'implementazione

■ Difficoltà di implementazione: media

L'adozione della XR per progettazione e prototipazione richiede un investimento iniziale in attrezzature (visori, software specializzati) e formazione del personale. Sebbene la tecnologia sia matura, integrarla nelle routine operative quotidiane può comportare cambiamenti organizzativi e culturali. Sono necessari aggiornamenti dei flussi di lavoro e coordinamento tra team multidisciplinari (designer, ingegneri, sviluppatori). Tuttavia, la curva di apprendimento si appiattisce nel tempo: in genere le competenze di base in VR possono essere acquisite in 2-3 settimane, i flussi di lavoro avanzati per il design in 2-3 mesi e l'integrazione completa del team in 4-6 mesi, con un costo di formazione intorno a 1.500-3.000 dollari per designer. Le soluzioni commerciali offrono di norma un supporto completo e le migliori pratiche adatte alle PMI.

■ Fattibilità economica: medio-alta

Nonostante l'investimento in hardware e formazione, la riduzione di errori e prototipi fisici giustifica rapidamente la spesa. Accorciando i cicli di sviluppo e consentendo una maggiore personalizzazione, le aziende possono ottimizzare le scorte, ridurre i costi di rilavorazione e rispondere rapidamente alle richieste dei clienti. Il valore aggiunto delle esperienze interattive accelera il processo decisionale e migliora la soddisfazione del cliente. Nel medio termine, il ROI è rafforzato da vendite più mirate e dalla riduzione degli sprechi.

■ Fattori umani

L'integrazione delle tecnologie XR nei processi di progettazione e prototipazione influisce in modo significativo sulle modalità di collaborazione e operatività dei team di lavoro del settore del mobile. Innanzitutto, il successo dell'adozione dipende dalla formazione continua e dall'aggiornamento delle competenze digitali: designer, ingegneri e operatori di impianti devono acquisire le competenze necessarie per utilizzare i dispositivi immersivi con sicurezza ed efficacia. Questa curva di apprendimento aiuta a ridurre le resistenze, rafforza la fiducia e consente un'integrazione più fluida degli strumenti XR nelle routine quotidiane di innovazione.

Inoltre, VR e AR favoriscono una collaborazione più efficace, offrendo un linguaggio condiviso, visivo e interattivo. Questo riduce le barriere comunicative tra reparti e allinea i team attorno a prototipi visivi e feedback in tempo reale. Di conseguenza, i lavoratori risultano più coinvolti e si sentono coinvolti nel processo creativo,

vedendo i propri contributi materializzarsi direttamente nell'ambiente virtuale.

Tuttavia, l'uso della XR comporta anche considerazioni ergonomiche e inerenti alla salute. Un'esposizione prolungata agli ambienti immersivi può causare affaticamento visivo, disorientamento o cinetosi, rendendo essenziale definire protocolli di utilizzo chiari, ad esempio, prevedendo pause tra una sessione XR e l'altra. Va inoltre considerato che la cinetosi rappresenta una barriera implementativa frequente e interessa inizialmente il 15-25% degli utenti. Allo stesso modo, la AR richiede di gestire l'attenzione tra elementi fisici e virtuali, rendendo necessarie misure di sicurezza specifiche per evitare sovraccarichi cognitivi o incidenti.

Se applicata con un approccio centrato sulle persone, la XR può migliorare apprendimento, coinvolgimento e benessere, a condizione che gli aspetti ergonomici, cognitivi e organizzativi siano affrontati correttamente per garantire un ambiente di lavoro sicuro e inclusivo.

■ Fattori ambientali

L'applicazione della XR nel settore del mobile contribuisce a ridurre il consumo di materiali e la generazione di rifiuti, poiché la maggior parte di test e validazione avviene in ambiente virtuale. Non è più necessario realizzare prototipi fisici per ogni iterazione o variante del prodotto, riducendo così l'impronta di carbonio associata al trasporto dei componenti e allo smaltimento degli elementi scartati.

Inoltre, la possibilità di co-creare da remoto con i clienti riduce la necessità di incontri in presenza e di campioni fisici. Ciò si traduce in minori emissioni e in un impatto logistico più contenuto. In aggiunta, i sistemi di analisi dei dati integrati in XR, come i gemelli digitali e gli strumenti di simulazione, consentono di progettare arredi seguendo criteri di ecodesign ed efficienza energetica, ottimizzando l'uso delle materie prime e minimizzando gli scarti.

D'altra parte, dal punto di vista del ciclo di vita, i dispositivi a supporto della XR includono materiali e componenti ad alto impatto (ad esempio visori da portare sulla testa (HMD), sensori, controller e talvolta computer esterni o smartphone), contenenti una combinazione di plastiche, metalli, elementi delle terre rare (REE) e circuiti elettronici complessi. Questi componenti comportano processi di estrazione e produzione ad alto impatto ambientale. Questo onere ambientale è aggravato dalla breve durata di molti dispositivi XR destinati al mercato consu-

mer, spesso sostituiti entro 2-3 anni a causa dei rapidi progressi tecnologici. Nella fase di utilizzo, i requisiti energetici variano in base al sistema, ma l'uso continuo di HMD di fascia alta e unità di elaborazione può portare, nel tempo, a un consumo energetico cumulativo significativo. A fine vita, i dispositivi a supporto della XR contribuiscono al crescente problema dei rifiuti elettronici, includendo componenti come batterie al litio, display LED e sensori che possono risultare pericolosi se non gestiti correttamente.

In sintesi, la XR può offrire un bilancio ambientale positivo se implementata in modo consapevole, mantenendo un'attenzione complessiva al risparmio di risorse e alla progettazione sostenibile.

■ Allineamento a certificazioni e normative

I progetti XR nella progettazione di arredi devono innanzitutto allinearsi a un quadro di normative gestionali: La ISO 45001 fornisce il sistema per salute e sicurezza sul lavoro che disciplina aspetti quali l'ergonomia dei visori, la durata delle sessioni e il dovere generale di tutela; il GDPR dell'UE regola tutti i dati personali raccolti durante sessioni immersive, dagli account utente a eventuali tracce biometriche, e richiede una valutazione d'impatto sulla protezione dei dati quando funzioni come il tracciamento oculare o la mappatura spaziale possono rivelare caratteristiche sensibili; nel contempo, ISO 14001 estende la stessa disciplina del ciclo di vita alle prestazioni ambientali, assicurando che la prototipazione virtuale compensi realmente l'impronta di materie prime, energia e rifiuti elettronici associata ai dispositivi XR.

Su questa base, i produttori del settore del mobili dovrebbero fare riferimento a ISO/IEC 23053:2022 per l'architettura complessiva dei sistemi XR/IA e alla serie IEEE 2048 per tassonomia dei dispositivi, latenza, formati multimediali e sicurezza dell'interfaccia utente; nel loro insieme, queste norme forniscono un linguaggio comune utile a fornitori e revisori. In ambito lavorativo, le linee guida OSHA sulla formazione virtuale considerano la formazione immersiva "adeguata" solo quando migliora in modo dimostrabile la consapevolezza dei rischi, rafforzando la necessità di valutare il rischio prima dell'implementazione. Infine, l'hardware destinato al mercato UE deve rispettare la Direttiva sulle apparecchiature radio, la Direttiva EMC e la Direttiva Bassa Tensione e recare la marcatura CE; la documentazione tecnica deve attestare la conformità agli standard sopra citati.

Realtà estesa nei processi di progettazione e prototipazione del prodotto



Soluzioni



VR Sketch

Baroque Software



Multinazionale ↔

Plugin VR collaborativo per SketchUp che consente a più utenti di progettare e modificare modelli 3D in un ambiente immersivo. Accelera la validazione e riduce gli errori di progettazione grazie a una visualizzazione in tempo reale e grandezza naturale. Pensato per il lavoro congiunto tra ingegneri e creativi.



Gravity Sketch

Gravity Sketch Group



Regno Unito ↔

Software professionale basato sulla modellazione 3D immersiva. Integra curve NURBS e strumenti intuitivi in ambienti VR o AR, consentendo la co-creazione in tempo reale. Viene utilizzato nel settore del mobile per generare prototipi e validare geometrie complesse prima della produzione finale.



Enhance

Enhance XR



Spagna ↔

Piattaforma per lo sviluppo di soluzioni di e-commerce per l'arredo tramite tecnologia 3D e AR. Consente agli utenti di personalizzare i mobili in modo interattivo in tempo reale.



Moblo

MYTIforge



Francia ↔

Software multiplatforma pensato per generare modelli di base di arredi da visualizzare in VR e AR (solo su dispositivi mobili). Permette una modellazione essenziale tramite blocchi modificabili e la creazione di librerie di materiali. L'interfaccia è semplice e agile, ma non offre funzionalità multi-utente.



ShapesXR

ShapesXR Inc.



Danimarca ↔

Piattaforma collaborativa di progettazione in VR che consente a team multidisciplinari di creare e iterare prototipi di arredi in tempo reale. Include strumenti dedicati alla misurazione ergonomica, funzionalità di analisi delle sollecitazioni dei materiali e simulazione biomeccanica. È compatibile con diversi visori VR (Meta Quest, HTC Vive, Pico) e offre esportazione diretta verso software di produzione, inclusa la programmazione CNC e la preparazione alla stampa 3D.



Esempi



Bakken & Bæck

Norvegia



Technocarpenter - Scolpire arredi in VR: Progetto sperimentale che utilizza IA e gesti naturali in un ambiente VR per scolpire arredi unici. Gli utenti modellano le proprie idee con movimenti delle mani, che il sistema traduce in modelli 3D pronti per la stampa o per la produzione, favorendo la co-creazione e l'innovazione.



Paolo de Jesus e XR+

Germania-Francia



Thinking Woman's Chair: un'iniziativa del progetto WORTH Partnership che propone una sedia a dondolo progettata per la produzione tramite CNC. Include istruzioni basate su AR che guidano gli utenti durante l'assemblaggio. L'esperienza immersiva favorisce il coinvolgimento e la personalizzazione, offrendo un approccio più umano e creativo allo sviluppo di prodotti d'arredo.



Damiano Latini e Nicholas Baker

Italia



Questa azienda ha adottato la VR nel proprio processo di progettazione concettuale e prototipazione. Un caso di rilievo è la "Super Chair", sviluppata con il designer Nicholas Baker e modellata completamente in 3D usando la VR prima di realizzare qualsiasi prototipo fisico.



Matt Antes e Cullan Kerner

Stati Uniti



Chair1: sedia prototipo realizzata con PETG riciclato, progettata in VR per consentire prototipazione rapida e modifiche virtuali prima della produzione sostenibile tramite stampa 3D industriale. Progettata con Gravity Sketch.



UIMAGE ApS

Danimarca



Umage Augmented Reality: applicazione AR per la co-creazione e prototipazione virtuale di interni. Sul loro sito web è disponibile una funzione AR che consente agli utenti di visualizzare lampade e arredi UIMAGE a grandezza reale nella propria casa prima dell'acquisto.



Roche Bobois

Francia



Mah Jong 3D: app mobile che consente agli utenti di creare e personalizzare digitalmente una composizione del divano Mah Jong, scegliendo la configurazione dei moduli e diversi tessuti (tra cui quelli di Jean Paul Gaultier, Kenzo Takada, Missoni, ecc.), per poi visualizzare il risultato in 3D e AR.



IKEA

Svezia



Nel 2017 IKEA lancia IKEA Place, che rende più facile prendere decisioni di acquisto nel proprio ambiente: permette di trovare ispirazione e provare molti prodotti, stili e colori in contesti reali con un semplice gesto sul proprio dispositivo Apple.



Natuzzi Italia

Italia



Natuzzi Augmented Store: il più grande produttore di mobili italiano ha implementato una soluzione XR completa denominata "Augmented Store" in collaborazione con Microsoft e Hevolus Innovation. Utilizzando Microsoft HoloLens 2, i clienti accedono a una versione digitale renderizzata della propria casa in VR per visualizzare e personalizzare gli arredi Natuzzi. Il concetto di "augmented store" combina immersione VR e visualizzazione AR dell'ambiente domestico ed è stato implementato in oltre 1.000 sedi Natuzzi a livello globale.

3



Descrizione

La Realtà Estesa (XR) comprende un insieme di tecnologie immersive che fondono mondo fisico e mondo digitale. Include tre principali componenti: Realtà Virtuale (VR), Realtà Aumentata (AR) e Realtà Mista (MR), ciascuna con diversi livelli di immersione e interazione.

Realtà Virtuale (VR)

La Realtà Virtuale immerge completamente gli utenti in un ambiente digitale tridimensionale attraverso l'uso di visori o occhiali dedicati. Questa tecnologia è particolarmente adatta a simulare laboratori di lavorazione del legno o linee di produzione del mobile, consentendo l'acquisizione di competenze complesse in un contesto sicuro e controllato. Gli operatori possono esercitarsi su movimenti specifici, utilizzare strumenti virtuali e seguire procedure passo-passo senza rischi fisici né sprechi di materiale. L'interazione all'interno dell'ambiente simulato permette di replicare esercitazioni reali, inclusa la valutazione delle prestazioni basata su successi ed errori. La formazione basata sulla VR è utile sia per l'addestramento iniziale sia per il miglioramento o la riqualificazione in processi meccanici o automatizzati. Studi di settore hanno mostrato che la formazione in VR migliora significativamente la ritenzione delle conoscenze (fino all'80%) e accelera l'acquisizione di competenze rispetto ai metodi tradizionali. Inoltre, consente di registrare metriche di avanzamento, identificare errori ricorrenti e adattare i contenuti di formazione al ritmo di apprendimento individuale di ciascun lavoratore. ¹

Realtà Aumentata (AR)

La Realtà Aumentata sovrappone informazioni digitali all'ambiente reale, accessibili tramite occhiali smart trasparenti o dispositivi mobili. È particolarmente preziosa nei processi di assemblaggio, manutenzione e controllo qualità, dove la precisione in tempo reale è essenzia-

1



2



Difficoltà di implementazione: **media**Fattibilità economica: **alta**

Sfruttare la realtà estesa per la formazione e lo sviluppo delle competenze della forza lavoro nel settore del mobile

le. Istruzioni passo-passo possono essere proiettate direttamente su componenti d'arredo o macchinari, guidando l'operatore con indicazioni contestuali. Grazie alle videocamere integrate, formatori o esperti tecnici possono fornire assistenza a distanza visualizzando il campo visivo del lavoratore e inviando supporto visivo sincronizzato. L'AR consente inoltre di interagire con modelli 3D ancorati all'interno dello spazio di lavoro fisico, migliorando la comprensione di strutture, componenti o sequenze operative. Inoltre, facilita l'autoformazione sul campo, poiché le risorse didattiche possono essere consultate direttamente nell'ambiente di lavoro senza interrompere le attività produttive. Inoltre, l'AR permette aggiornamenti semplici e rapidi dei contenuti formativi in formato digitale, riducendo la necessità di manuali stampati e consentendo una diffusione più rapida delle modifiche di processo. ²

Realtà Mista (MR)

La Realtà Mista rappresenta una convergenza avanzata tra VR e AR, consentendo l'integrazione in tempo reale di oggetti virtuali interattivi nell'ambiente fisico. A differenza della VR, la MR non isola l'utente, ma arricchisce l'ambiente circostante con contenuti digitali contestuali. Viene utilizzata attraverso due principali tipologie di dispositivi: visori ottici trasparenti (ad esempio, HoloLens) e visori opachi dotati di videocamere esterne (ad esempio, Meta Quest 3, Apple Vision Pro). La MR consente agli operatori di lavorare con macchinari reali ricevendo istruzioni virtuali sovrapposte nel proprio campo visivo. Le indicazioni possono includere l'evidenziazione di aree specifiche, la visualizzazione degli schemi di assemblaggio o l'emissione di avvisi visivi di sicurezza. In contesti di progettazione e supervisione, la MR consente la validazione dei prototipi, la verifica dimensionale e la revisione collaborativa in tempo reale senza interrompere i flussi di lavoro della produzione. La scelta del visore dipende dal livello di dettaglio richiesto e dalla natura dell'attività, che va dalla supervisione leggera alla simulazione tecnica avanzata. La MR potenzia

anche la collaborazione a distanza, permettendo a più utenti di interagire simultaneamente con lo stesso modello digitale da località diverse.

Nell'insieme, queste tre tecnologie offrono un ampio spettro di soluzioni formative adattabili a diversi profili professionali nel settore del mobile (dagli operatori di reparto ai progettisti tecnici), con un impatto significativo su efficienza, sicurezza e standardizzazione dei processi. ³



Applicazione

Il settore del mobile, caratterizzato da processi fortemente manuali e da una maestria artigianale specializzata, sta adottando sempre più le tecnologie di Realtà Estesa (XR) come strumenti chiave per la formazione della forza lavoro e lo sviluppo continuo delle competenze tecniche.

La Realtà Virtuale (VR) consente di simulare ambienti di lavoro reali come officine di falegnameria, linee di assemblaggio o macchinari CNC senza richiedere materiali fisici. Utilizzando visori VR, i lavoratori possono esercitarsi in attività complesse quali l'assemblaggio di mobili, l'uso di utensili elettrici o la programmazione di macchinari automatizzati, in un ambiente completamente immersivo e sicuro. In questo modo si riducono i rischi professionali. Le aziende che adottano la formazione in VR hanno riportato riduzioni degli infortuni sul lavoro fino al 70%, poiché i lavoratori possono esercitarsi in sicurezza su operazioni ad alto rischio in ambiente virtuale. La VR riduce inoltre il consumo di risorse e accorcia le curve di apprendimento.

La Realtà Aumentata (AR) si dimostra particolarmente efficace nelle attività di assemblaggio e manutenzione. Grazie a occhiali smart trasparenti o dispositivi mobili, i lavoratori possono visualizzare istruzioni passo-passo sovrapposte ai componenti fisici. Questo facilita

3



4



5



6



Sfruttare la realtà estesa per la formazione e lo sviluppo delle competenze della forza lavoro nel settore del mobile

l'apprendimento in tempo reale senza la necessità di supervisione costante e aumenta l'accuratezza nelle operazioni ripetitive o ad alta precisione. Nel settore del mobile, questo è applicabile soprattutto all'assemblaggio di strutture complesse, alle procedure di controllo qualità e alle regolazioni personalizzate.

La Realtà Mista (MR) va oltre, consentendo agli elementi virtuali di interagire con l'ambiente fisico. Ad esempio, un apprendista può visualizzare un modello 3D di un oggetto d'arredamento proiettato su una superficie reale, manipolarlo virtualmente e comprenderne meglio la struttura prima della costruzione fisica. Inoltre, la MR basata su video (Video See-Through) può simulare interi scenari operativi, come la gestione di una linea di produzione, consentendo un'interazione diretta tra ambienti reali e digitali.

Queste tecnologie possono risultare particolarmente efficaci nei seguenti processi:

- Formazione sull'utilizzo di macchinari CNC e utensili specializzati.
- Assemblaggio e installazione di componenti modulari.
- Controllo qualità supportato da istruzioni guidate.
- Progettazione e personalizzazione del prodotto per la produzione on-demand.

I designer industriali possono sfruttare la VR per iterare rapidamente su prototipi 3D, valutando proporzioni, materiali e funzionalità dei prodotti d'arredo in ambienti immersivi, evitando così la necessità di mock-up fisici. Questa visualizzazione avanzata supporta anche la revisione collaborativa dei modelli prima della validazione tecnica. ⁴

In fabbrica, gli istruttori possono utilizzare l'AR per standardizzare le procedure proiettando istruzioni visive direttamente sulla postazione di lavoro, garantendo una formazione pratica e coerente per attività di assemblaggio, taglio o lavorazioni meccaniche. Ciò è particolarmente utile per l'inserimento di nuovi lavoratori o per la gestione delle rotazioni interne del personale, permettendo agli operatori di seguire ogni fase direttamente sui componenti reali. ⁵

La MR, invece, è particolarmente vantaggiosa per profili tecnici intermedi e responsabili di produzione. Questi professionisti possono interagire con modelli digitali delle linee di assemblaggio, individuare colli di bottiglia o proporre miglioramenti del processo senza interrompere le operazioni reali. La MR può anche essere utilizzata per validare configurazioni personalizzate del prodotto prima dell'assemblaggio fisico. ⁶



Aspetti dell'implementazione

■ Difficoltà di implementazione: media

L'integrazione della XR nel settore del mobile è fattibile, anche se richiede investimenti in hardware, software e formazione del personale. La VR per la formazione dei lavoratori è relativamente semplice da adottare utilizzando soluzioni già disponibili sul mercato; diventa più complessa quando sono necessarie soluzioni personalizzate e non generiche, specifiche per la singola azienda. MR e AR possono presentare sfide di implementazione maggiori rispetto alla VR, a causa della necessità di sincronizzazione con l'ambiente reale. Occorre considerare anche le risorse dedicate alla preparazione di asset e simulazioni, affinché i sistemi risultino redditizi nel medio termine. Come in ogni economia di scala, l'impatto di questi sviluppi e degli aggiornamenti metodologici sulle operazioni rappresenta uno dei principali fattori di rischio nell'adozione di nuovi strumenti, siano essi fisici o digitali.

■ Fattibilità economica: alta

L'uso della XR nel settore del mobile può ridurre in modo significativo i costi di progettazione e produzione, minimizzare gli errori e prevenire gli infortuni sul lavoro. Le aziende che adottano MR, AR e VR per formazione e sviluppo delle competenze possono ottenere incrementi rilevanti in efficienza di processo, in grado di giustificare l'investimento iniziale (soprattutto nelle aziende con elevati volumi di produzione e di turnover del personale). Il costo di alcuni dispositivi è relativamente contenuto e l'implementazione è semplice grazie a soluzioni pronte all'uso già disponibili.

■ Fattori umani

L'adozione di Realtà Aumentata e Realtà Virtuale (AR) nel settore del mobile introduce una serie di fattori umani critici che incidono sul successo dell'implementazione. Una considerazione importante riguarda la curva di apprendimento associata alle tecnologie immersive, in particolare per i lavoratori che non hanno familiarità con visori HMD, navigazione spaziale o interazione basata sui gesti. Senza una formazione e un'esposizione adeguate, i dipendenti possono sentirsi disorientati o restii a interagire con ambienti virtuali.

Disagio, affaticamento o cinetosi digitale, soprattutto in contesti VR, possono rendere difficoltoso l'utilizzo prolungato, in particolare se l'ergonomia o la calibrazione non vengono gestite correttamente. Ciò evidenzia la necessità di hardware di alta qualità, progettato in modo

ergonomico, nonché di protocolli d'uso personalizzati (ad esempio, durata delle sessioni, postura da seduti, regolazioni visive).

Il coinvolgimento dei lavoratori è un altro fattore importante. Se i dipendenti percepiscono AR/VR come scollegate dalle esigenze operative reali o come l'ennesimo "esperimento tecnologico", la motivazione ad adottarle può diminuire. Al contrario, quando i lavoratori sono coinvolti fin dall'inizio, ad esempio, nella creazione dei contenuti o nel test degli scenari, il consenso aumenta significativamente.

È cruciale anche la fiducia nei contenuti virtuali. Simulazioni inaccurate o scarsamente contestualizzate riducono la fiducia e possono portare i lavoratori a tornare ai metodi tradizionali. Mantenere un'elevata fedeltà visiva e di interazione migliora non solo l'immersione, ma anche la fiducia degli utenti nel valore della tecnologia.

Inoltre, le soluzioni AR/VR dovrebbero essere inclusive.

È necessario considerare le diverse capacità fisiche e cognitive tra gli utenti, ad esempio, in presenza di disabilità visive o destrezza ridotta. Ciò include la regolazione della dimensione dei caratteri, della complessità dell'interfaccia e delle modalità di interazione (ad esempio, controllo vocale vs controllo manuale).

Infine, l'implementazione di AR/VR richiede un cambiamento culturale. Incoraggiare la sperimentazione, creare sandbox digitali per esercitarsi e promuovere l'apprendimento tra pari aiuta a ridurre l'ansia e aumentare la fiducia. I manager svolgono un ruolo chiave nel presentare gli strumenti immersivi come supporti al lavoro, e non come sistemi di sorveglianza delle prestazioni. Con una strategia di progettazione e implementazione centrata sulle persone, le tecnologie AR/VR possono diventare potenti abilitatori di empowerment dei lavoratori, apprendimento operativo e ambienti attenti alla salute.

■ Fattori ambientali

L'adozione di tecnologie XR per formazione, miglioramento delle competenze e riqualificazione nel settore del mobile può contribuire in modo significativo alla sostenibilità ambientale, a condizione che venga implementata da una prospettiva di utilizzo responsabile. Uno dei principali vantaggi ambientali della XR nell'apprendimento industriale risiede nella sua capacità di sostituire l'uso intensivo di materiali fisici con ambienti virtuali immersivi. I lavoratori possono formarsi su attività di progettazione, prototipazione, assemblaggio o manutenzione senza consumare risorse reali come legno, ferramenta, adesivi o vernici. Attraverso simulazioni interattive, si possono commettere errori, ripetere

processi e valutare molteplici scenari senza generare rifiuti o esaurire materie prime.

L'uso della XR nella formazione tecnica consente anche una migliore pianificazione delle attività di stabilimento e officina, ottimizzando i flussi di lavoro e l'impiego di macchinari, utensili e spazi produttivi. Ciò può ridurre spostamenti non necessari, minimizzare i consumi energetici e diminuire le emissioni derivanti da attività logistiche o a formazione in presenza decentrata, che spesso comportano trasferte tra sedi o interventi on-site di personale tecnico specializzato.

È importante considerare anche l'impronta ambientale dell'infrastruttura necessaria per le soluzioni XR. Produzione e manutenzione di visori, sensori, controller e server richiedono plastica, metalli e materiali elettronici a elevato impatto ambientale (ad esempio, materie prime critiche, elementi delle terre rare, ecc.) e spesso sono difficili da riciclare a fine vita, contribuendo a un impatto ecologico non trascurabile. Inoltre, l'elaborazione grafica intensiva e il trasferimento continuo di dati possono comportare un aumento dei consumi energetici in fase d'uso, se non gestiti applicando strategie efficienti di impiego delle risorse. Anche il rendering basato su cloud, ambienti multiutente, sincronizzazione dei dati in tempo reale e ambienti potenziati dall'IA richiedono il supporto di data center ed edge computing, grandi consumatori di energia elettrica e acqua.

■ Allineamento a certificazioni e normative

Le tecnologie XR applicate al settore del mobile devono essere in linea con gli standard di sicurezza sul lavoro come ISO 45001, consentendo una formazione realistica sull'identificazione dei pericoli e sulla prevenzione dei rischi e garantendo ambienti di lavoro sicuri anche all'interno delle simulazioni virtuali. Queste tecnologie possono inoltre supportare la conformità a standard ambientali, come le certificazioni FSC o PEFC, abilitando sistemi digitali di tracciabilità e la visualizzazione del ciclo di vita dei materiali. Inoltre, la formazione tecnica basata su XR può contribuire a rafforzare la conformità agli standard di qualità e alle normative in materia di prevenzione dei rischi professio

Sfruttare la realtà estesa per la formazione e lo sviluppo delle competenze della forza lavoro nel settore del mobile



Soluzioni



XR in streaming per la lavorazione del legno

Felder Group

Austria ↔

Uso della XR per formare gli operatori nella gestione di macchine CNC, riducendo la curva di apprendimento e migliorando l'efficienza produttiva.



Formazione SimLab XR per il settore del mobile

SimLab Soft

Germania ↔

Simulatore di assemblaggio di mobili basato su VR e AR, che consente agli operatori di ricevere una formazione pratica prima di lavorare su materiali fisici.



Simulatore di falegnameria VR

UP360

Canada ↔

Simulatore in Realtà Virtuale che permette ai lavoratori di esercitarsi con utensili e tecniche di falegnameria in un ambiente sicuro e controllato.



Formazione per verniciatori SimSpray VR

VRSim, Inc

Stati Uniti ↔

Simspray offre una formazione semplice basata su simulazione per verniciatura e rivestimenti. Offre formazione su processi HVLP, airless o air-assisted airless. Consente di risparmiare tempo, ridurre gli sprechi e accelerare la formazione grazie alla tecnologia VR immersiva.



Dynamics 365 Guides per la formazione dei tecnici del legno

Microsoft

Stati Uniti ↔

Applicazione di Realtà Mista che guida la formazione e il flusso di lavoro di lavoratori/studenti su macchinari reali nell'ambiente di lavoro. I prompt olografici tridimensionali guidano i tecnici mentre svolgono le attività su materiali e macchinari fisici. Lo sviluppo di contenuti interni su misura è semplice e rapido; il software è compatibile con diversi visori XR.



KIT-AR - KIT-Assist & Insight

KIT-AR

Portogallo / Regno Unito ↔

Suite di strumenti di Realtà Aumentata industriale pensata per fornire istruzioni 3D passo-passo e analisi dei processi.



Simulatori con Realtà Virtuale per la formazione professionale

VRFP

Spagna ↔

Simulatore progettato per insegnare l'uso corretto dei macchinari per la lavorazione del legno, con cui gli studenti imparano a identificare le parti di una troncatrice, di una sega circolare da banco e di una sega a nastro, nonché le funzioni di ciascuno di questi utensili.



Esempi

**Fologram***Australia*

Dimostrazione di carpenteria in Realtà Mista: un progetto AR e VR progettato per migliorare l'assemblaggio di componenti prefabbricati in carpenteria e costruzione. Attraverso la piattaforma Twinbuild, gli apprendisti carpentieri possono assemblare strutture in legno complesse con guida virtuale e assistenza in tempo reale.


Laboratorio di tecnologia delle interfacce umane (HITLab) - Università di Scienze Applicate di Howest
Belgio

Woodcraft VR è un'applicazione educativa in realtà virtuale disponibile per Meta Quest, con cui gli utenti possono apprendere tecniche di base di carpenteria e lavorare virtualmente con utensili manuali in un laboratorio simulato.

**Innoarea Projects S.L.***Spagna*

VR è un progetto di realtà virtuale sviluppato per formare professionisti del settore legno-arredo sull'uso di macchinari specifici. Consente di simulare in sicurezza ambienti industriali e potenzia la formazione tecnica attraverso scenari immersivi.

**Gruppo SCM***Italia*

SCM Maestro Smartech AR è un dispositivo wireless di Realtà Aumentata che consente ai tecnici di assistere il cliente in modo efficiente, anche a distanza, tramite: streaming video POV in diretta verso tecnici remoti; visualizzazione e interazione con i dati hands-free; condivisione bidirezionale con blueprint, schemi e checklist; annotazioni in tempo reale, comunicazione testuale e vocale con il team da remoto. ▶

**Artwood Academy***Italia*

Formazione in Realtà Mista per studenti di lavorazione del legno presso l'Artwood Academy. Progetto MR, sviluppato con Dynamics 365 Guides e Hololens2, per la formazione sul campo nell'uso di macchinari per la lavorazione del legno, come CNC e bordatrici. Seguendo istruzioni video, testuali e olografiche 3D, i tecnici possono utilizzare i macchinari in tempo reale: prompt e istruzioni guidano gli studenti nell'esecuzione di procedure standard, manutenzione ordinaria e risoluzione dei problemi. ▶

**JYSK***Danimarca*

Nel 2023, il rivenditore di mobili JYSK ha lanciato "The Right Sales Attitude", uno strumento di formazione virtuale realistico basato su WebVR che immerge il personale dei negozi in scenari interattivi e ludicizzati con i clienti, per migliorare le competenze di vendita e servizio clienti.

**CETEM-EU***Spagna*

XR4Crafts. Sviluppo di materiali formativi utilizzando la Realtà Estesa (XR) insieme a guanti aptici per simulare processi di manifattura e costruzione, quali: carpenteria, tinteggiatura delle pareti, costruzione di tetti e posa di pavimenti flottanti.

4



Descrizione

I materiali smart, detti anche come materiali intelligenti o reattivi, sono soluzioni ingegnerizzate le cui proprietà possono variare in modo controllato quando esposti a stimoli esterni quali sollecitazioni meccaniche, pressione, umidità, campi elettrici o magnetici, luce, temperatura o specifiche sostanze chimiche.

Nel settore dei mobili e del design, questi materiali aumentano funzionalità e adattabilità, migliorano le prestazioni e supportano soluzioni sostenibili.

In base alle caratteristiche strutturali e operative, i materiali smart possono essere suddivisi in tre gruppi principali, ciascuno dei quali apporta vantaggi specifici all'evoluzione dei prodotti d'arredo.

Il primo gruppo comprende i materiali smart ottenuti tramite **strutture ingegnerizzate**. Questa categoria include tutti i materiali con strutture "intelligenti" progettati per reagire meglio alle sollecitazioni meccaniche, ad esempio in tessuti, schiume o compositi; oppure alla luce, come nel caso di superfici lavorate tramite incisione laser di stampi per controllare riflessione e trasmissione della luce. Altri esempi includono strutture tessili per sedute; schiume ingegnerizzate (memory, drenanti, ecc.) e altre soluzioni di imbottitura; nonché i **metamateriali**, materiali ingegnerizzati artificialmente progettati per avere proprietà che derivano dalla loro struttura interna piuttosto che dalla composizione chimica. I metamateriali possono essere ottenuti tramite strutture stampate in 3D, con lo scopo di rinforzare, ridurre il peso e sostituire i materiali espansi destinati all'imbottitura.

Una seconda categoria è quella dei **materiali conduttivi**. Questi possono incorporare circuiti integrati o stampati, facilitando l'integrazione dell'arredo nell'ecosistema della smart home. Incorporando inchiostri conduttivi, film o circuiti stampati, gli elementi d'arredo possono diventare componenti interattivi, fungendo da interfacce di controllo, stazioni di ricarica o nodi di acquisizione dati, aumentando la comodità d'uso e il coinvolgimento



Difficoltà di implementazione: **media**Fattibilità economica: **medio-alta**

Funzionalità intelligenti applicate al settore del mobile

dell'utente in un ambiente domestico tecnologicamente integrato. Ad esempio, scrivanie e piani di lavoro possono essere trasformati in superfici di controllo integrando proprietà conduttive in materiali generalmente non capacitivi, come il legno o lastre in ceramica.

La conducibilità contribuisce anche a creare una vera e propria "infrastruttura" per sensori e attuatori, fornendo una risposta dinamica al tocco, come il feedback aptico, in questo modo l'arredo può reagire agli input offrendo sensazioni tattili che possono arricchire esperienze in realtà virtuale o in scenari di relax.

Infine, il gruppo più ampio di **rivestimenti funzionali e additivi** presenta forse le caratteristiche più interessanti per il settore del mobile. Si va da materiali veramente smart, con risposta attiva e reversibile agli stimoli esterni, ad esempio materiali a cambiamento di fase, fino a materiali con funzionalità passive a valore aggiunto, come superfici anti-impronta.

Questi rivestimenti e additivi possono fornire protezione, decorazione e miglioramento funzionale dei substrati e presentano caratteristiche interessanti come idrofobicità, protezione dalle macchie, resistenza ai graffi, proprietà antistatiche, comportamento termocromico, fotoluminescenza, proprietà autoriparanti, controllo di luce e temperatura, antibattericità, effetto soft touch, colore, effetti estetici speciali e molto altro.

Gli additivi comunemente vengono incorporati durante la fase di formulazione per migliorare le proprietà del materiale. Gli additivi smart possono contribuire a funzionalità avanzate come la regolazione della temperatura e l'asciugatura rapida. I materiali a cambiamento di fase (PCM), ad esempio, regolano la temperatura di rivestimenti e biancheria da letto cambiando stato in modo reversibile per assorbire e rilasciare calore, prevenendo il surriscaldamento. Il carbone attivo integrato nei tessuti consente l'assorbimento degli odori e l'asciugatura rapida. La nanotecnologia aumenta la superficie del

carbone attivo, favorendo la rapida dispersione dell'umidità e l'evaporazione.

I rivestimenti vengono applicati sulla superficie del materiale, dove aderiscono al substrato. Spesso offrono benefici sia funzionali che estetici. Ad esempio, un rivestimento può fornire una finitura idrofobica, ultra-opaca e soft touch, oltre a capacità autoriparanti per micrograffi.

- 1 *Elettronica flessibile che consente la funzionalizzazione (interruttori soft, sensori) di superfici in tessuto, pelle, superfici e impiallacciature - produttore: Loomia* ↔
- 2 *Illustrazione delle potenziali funzionalità di una superficie smart touch (immagine: Materially)*
- 3 *Pigmenti e coloranti termocromici di Olikrom* ↔
- 4 *Schiuma poliuretanic a cambiamento di fase Thermofresh di Pelma* ↔
- 5 *Sistema tessile assorbente di inquinanti theBreath®* ↔



Applicazione

Le applicazioni pratiche dei materiali smart nel design del mobile coprono una vasta gamma di ambiti, offrendo soluzioni innovative che migliorano funzionalità, comfort, estetica e sostenibilità.

Nel caso di **sedute, imbottiture e biancheria da letto**, i materiali smart sono utilizzati principalmente per aumentare comfort ed ergonomia. Sono progettati per sostenere il corpo e ridistribuire efficacemente il peso, oppure per ridurre la necessità di imbottiture convenzionali. Nel settore della biancheria da letto, schiume termoregolanti che incorporano materiali a cambiamento di fase vengono utilizzate nei materassi per assorbire e rilasciare il calore e mantenere una temperatura di riposo ideale.

Non ancora ampiamente disponibile, ma promettente per il futuro, sono gli **assorbitori acustici smart**. Questi materiali innovativi saranno in grado di regolare dinamicamente le proprie capacità di assorbimento in risposta all'ambiente sonoro circostante e potrebbero contribuire alla creazione di interni smart dal punto di vista acustico.

5



Un altro aspetto del benessere generale negli interni riguarda la **qualità dell'aria interna**. Prodotti multistrato con struttura a sandwich possono includere elementi interni nascosti in grado di trattenere inquinanti provenienti da impianti di riscaldamento o da prodotti chimici. La versatilità di questi prodotti ne consente l'applicazione in edifici commerciali e residenziali, contribuendo a un habitat più salubre. Sono progettati per combinare elementi funzionali con una superficie decorativa e personalizzabile e risultano ideali come divisori, tende e rivestimenti per arredi. I materiali smart sono inoltre utilizzati per migliorare **interazione e connettività** in ambito domestico, negli uffici, nei negozi e negli spazi pubblici. Superfici multifunzionali con sensori integrati vengono applicate a tavoli e ripiani di cucine per offrire controlli intuitivi e touch-sensitive per illuminazione e multimedia, integrando la tecnologia in modo discreto negli arredi di uso quotidiano.

Nell'arredamento di **negozi**, scaffali smart con sensori di pressione integrati possono monitorare le scorte in tempo reale e adattare l'illuminazione o la disposizione delle esposizioni in base ai movimenti dei clienti. Negli **spazi pubblici**, installazioni interattive, con superfici reattive o estetiche dinamiche, possono coinvolgere gli utenti in modo significativo, arricchendo l'ambiente.

Per gli arredi da **esterni**, rivestimenti idrofobici respingono acqua e macchie, facilitando la pulizia e migliorando la durabilità, aspetto particolarmente importante in ambienti ad alto traffico o esposti agli agenti atmosferici. negli arredi da **cucina**, finiture idrofobiche e oleofobiche non solo semplificano la manutenzione, ma aumentano anche la durata delle superfici, riducendo i costi di manutenzione.

Nella progettazione dell'**illuminazione**, superfici smart trasparenti strutturalmente ingegnerizzate possono modulare la trasmissione della luce, ridurre l'abbagliamento e adattarsi dinamicamente a diverse esigenze di illuminazione, sia in ambito residenziale sia commerciale.

Dal punto di vista **estetico**, i materiali smart offrono al tempo stesso bellezza e funzionalità. I rivestimenti anti-impronta mantengono la pulizia visiva di finiture lucide o metalliche, mentre superfici micro- o nanostrut-

turate possono creare effetti cangianti che trasformano arredi statici in elementi visivamente dinamici.

La **sostenibilità** è un altro punto chiave. Aumentando la durabilità e riducendo la necessità di sostituzione, i materiali smart contribuiscono a ridurre l'impatto ambientale. I polimeri autoriparanti, ad esempio, possono riparare autonomamente graffi, crepe o piccoli strappi, prolungando la vita utile del prodotto e riducendo gli sprechi. Ciò è coerente con i principi dell'economia circolare e supporta pratiche di progettazione più sostenibili.

In una prospettiva più futuristica, postazioni di lavoro in grado di **recuperare energia** basate su materiali piezoelettrici, potrebbero convertire l'energia meccanica derivante dalla digitazione o dai movimenti in energia elettrica, utilizzabile per alimentare dispositivi integrati o ricaricare elementi elettronici, portando l'efficienza energetica direttamente nello spazio di lavoro.

6 *Letto a baldacchino in cui le funzioni interattive legate a intrattenimento, salute e benessere sono controllate tramite app (Hi-interiors) ↔*

7 *Desk Pad con rivestimento antibatterico arricchito con grafene (Deskpad ↔ Secondo Piano di Giulio Iacchetti per Danese Milano, Graphene Coating di Directa Plus) ↔*



Aspetti dell'implementazione

■ Difficoltà di implementazione: media

Integrare materiali smart nella design dei mobili richiede competenze in scienza dei materiali e in ingegneria. I produttori devono investire in ricerca e sviluppo per comprendere a fondo proprietà e comportamenti di questi materiali avanzati. L'adattamento dei processi produttivi, la garanzia di durabilità e la tutela della sicurezza degli utenti possono risultare complessi. Mentre alcune soluzioni sono pronte per l'applicazione immediata, altre richiedono fasi produttive aggiuntive. I materiali conduttivi, spesso parte di sistemi più ampi, richiedono un'integrazione attenta con tecnologie IoT e di controllo domestico, per garantire comunicazione e funzionalità fluide.



■ Fattibilità economica: medio-alta

In genere, i costi di integrazione dei materiali smart sono più elevati, a causa delle spese in ricerca e sviluppo e dei costi dei materiali. Tuttavia, in molti casi la differenza di prezzo sul prodotto finale non è così rilevante (ad esempio, rivestimenti anti-impronta, nanosuperfici riparabili rispetto a laminati standard). Inoltre, con l'avanzare della tecnologia e l'aumento della produzione, si prevede che i costi diminuiscano, migliorando la fattibilità economica.

Infine, soluzioni smart come l'RFID per la logistica possono ripagarsi a lungo termine.

■ Fattori umani

L'integrazione di materiali smart nel design del mobile incide in modo significativo sia sugli utenti finali sia sulla forza lavoro coinvolta nella produzione.

Per gli utenti, arredi che si adattano alle esigenze individuali migliorano comfort ed ergonomia, con effetti positivi su benessere e soddisfazione. Funzionalità come superfici autoriparanti e rivestimenti facili da pulire riducono le attività di manutenzione, contribuendo a una migliore esperienza d'uso.

Queste caratteristiche sono intuitive e quindi facilmente adottabili dagli utenti.

La crescente integrazione di dispositivi e tecnologie di comunicazione nella nostra vita quotidiana è destinata a stimolare un'offerta maggiore di arredi smart e connessi e di interni domotici. Tuttavia, l'introduzione di elettronica e sensori integrati può richiedere supporto per garantire un'utilizzo efficace e sicuro.

Nel valutare l'integrazione dei materiali smart, è importante considerare che il settore del mobile e degli imbottiti è tradizionalmente conservatore e che gli utenti potrebbero essere restii alla complessità o ai cambiamenti nelle loro abituali interazioni con gli oggetti.

L'applicazione di principi di progettazione centrata sull'utente può facilitare questa transizione e promuovere un'accettazione più ampia.

Diventa inoltre sempre più importante la collaborazione tra designer, ingegneri e personale di produzione, per garantire che l'implementazione dei materiali smart sia in linea con le intenzioni progettuali e con le capacità produttive.

Per i lavoratori del settore, l'adozione di materiali smart richiede un aggiornamento delle competenze per gestire nuovi materiali e nuove tecnologie.

I programmi formativi dovrebbero includere conoscenze tecniche, oltre ad aspetti collaborativi e di sicurezza, favorendo una comprensione condivisa tra i reparti.

Inoltre, potrebbe essere necessario aggiornare i protocolli di sicurezza sul lavoro per affrontare eventuali nuovi rischi associati a questi materiali.

Il coinvolgimento precoce dei lavoratori, l'inserimento di nuovi profili più digitali e una comunicazione chiara su finalità e benefici dei materiali smart possono ridurre la

resistenza e aumentare il coinvolgimento nel processo di trasformazione.

■ Fattori ambientali

In generale, la maggior parte dei materiali smart utilizza materiali più scarsi ed è più complessa da produrre, richiedendo più energia e risorse, spesso con un impatto ambientale più elevato rispetto ai materiali convenzionali. A causa della loro composizione articolata, ad esempio, l'impiego di additivi chimici e rivestimenti, oppure la natura di nicchia di alcuni materiali come le leghe a memoria di forma, molti materiali smart non sono attualmente compatibili con i flussi di riciclo consolidati. I materiali conduttivi utilizzati per integrare l'elettronica fanno parte di sistemi completi composti da diversi elementi come circuiti elettronici, cavi fissati a supporti flessibili, giunzioni saldate, adesivi, cuciture e strati isolanti, rendendo il riciclo ancora più complesso.

Inoltre, i prodotti che contengono componenti elettrici o elettronici possono rientrare nella categoria RAEE (Rifiuti di Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche) e potrebbero dover essere separati, trattati e smaltiti come tali.

D'altra parte, alcuni materiali smart possono contribuire a ridurre il consumo energetico e le emissioni operative delle abitazioni; ad esempio, i PCM possono rendere più freschi i materassi senza ricorrere all'aria condizionata, tuttavia, il bilancio complessivo deve essere verificato. L'esecuzione di una Valutazione del Ciclo di Vita (LCA) può fornire preziose indicazioni preziose sull'impatto complessivo inerente a estrazione, produzione, smaltimento e consumo energetico associati a ciascun materiale smart.

■ Allineamento a certificazioni e normative

Al momento non esistono normative specifiche dedicate ai materiali smart applicati al mobile. Tuttavia, i prodotti devono rispettare i requisiti della normativa generale in materia di sicurezza dei prodotti (GPSR), di sostanze chimiche (REACH, RoHS) e, qualora siano integrati componenti elettronici, anche delle direttive elettriche pertinenti (LVD, EMC). Organismi di standardizzazione come **ISO**, **CEN**, **IEC** e **ASTM** stanno sviluppando quadri di riferimento per sistemi smart in altri settori, che potrebbero estendersi anche all'arredo. In fase di progettazione è quindi opportuno valutare sicurezza, durabilità e impatto ambientale dei materiali e garantire la conformità normativa quando si integrano sensori, illuminazione o funzionalità di raccolta dell'energia.



Soluzioni



Reticoli e materiali espansi (strutture ingegnerizzate)

EcoLattice

Regno Unito, India ↔

Strutture a reticolo e schiume personalizzabili realizzate tramite processi avanzati di manifattura additiva utilizzando TPU riciclato. A seconda del tipo di polimero impiegato, queste strutture leggere e traspiranti possono essere flessibili o rigide, dure o morbide; la loro struttura complessa può contribuire anche all'assorbimento acustico. Le applicazioni includono imbottiture, rivestimenti per complementi d'arredo e illuminazione.



Superficie touch (conduttiva)

Loxone

Austria, globale ↔

La superficie touch è un pulsante invisibile che permette di integrare elementi di controllo touch direttamente in arredi e superfici rigide, trasformando piani di lavoro, tavoli e altre superfici interne ed esterne in elementi smart per il controllo di funzioni domotiche per illuminazione, audio, schermature solari, riscaldamento e raffrescamento.



Tessuti smart personalizzati (conduttivi)

Embro GmbH

Germania ↔

Tessuti smart personalizzati, realizzati mediante la tecnologia di ricamo per integrare conduttori elettrici nei substrati tessili. Le applicazioni includono sensori di pressione e movimento, elementi riscaldanti, LED e interfacce touch, rendendo i tessuti adatti all'impiego in mobili e in altri settori



Tempotest Home® (rivestimenti funzionali e additivi)

Parà

Italia ↔

Tessuti per arredo con finitura idrofobica resistente ai raggi UV, che facilitano anche la rimozione di sostanze oleose. Di recente la finitura è stata aggiornata e ora è priva di sostanze per- e polifluoroalchiliche (PFAS), attualmente in fase di valutazione nell'ambito del programma REACH per una possibile restrizione nell'UE.



Tessuti smart termoregolanti (rivestimenti funzionali e additivi)

Outlast Technologies GmbH

Germania ↔

Tessuti smart avanzati che incorporano materiali a cambiamento di fase (PCM) microincapsulati per gestire in modo proattivo calore e umidità. Originariamente sviluppata per la NASA, questa tecnologia assorbe, immagazzina e rilascia il calore corporeo in eccesso, mantenendo un microclima stabile. Degli studi indicano una potenziale riduzione della sudorazione fino al 48%, con conseguente miglioramento della qualità del sonno.



Esempi

**Arper***Italia*

Il design essenziale del tavolo è ulteriormente valorizzato da Fenix, un materiale ultra-opaco che riveste il piano. Il laminato combina una serie di caratteristiche che rispondono ai sensi visivi (bassa riflettività luminosa, aspetto ultra-opaco), aptica (soft touch), con proprietà di bassa manutenzione (resistenza all'acqua, finitura anti-impronta) e la possibilità di riparazione termica di micrograffi superficiali.

**TPBtech***Australia*

Superficie multifunzionale che integra un piano cottura a induzione invisibile. La superficie porcellana-ceramica ad alta resistenza è supportata da uno strato di alluminio dissipatore dal calore e include un sistema di controllo touch integrato nella superficie del piano cottura a induzione. Può essere utilizzata come superficie per tagliare, cucinare e impiattare e può diventare anche un piano tavolo.

**Cassina***Italia*

Il letto è dotato di materiali pensati per supportare il benessere. La purificazione dell'aria si ottiene mediante l'uso del tessuto theBreath®, una tecnologia brevettata che cattura e scompone i contaminanti favorendo la naturale circolazione di aria pulita; il comfort acustico è invece garantito dall'integrazione di pannelli fonoassorbenti Soundfil®, realizzati con materiale riciclato e igienico, in grado di ridurre le frequenze sonore di tipo vibrazionale.

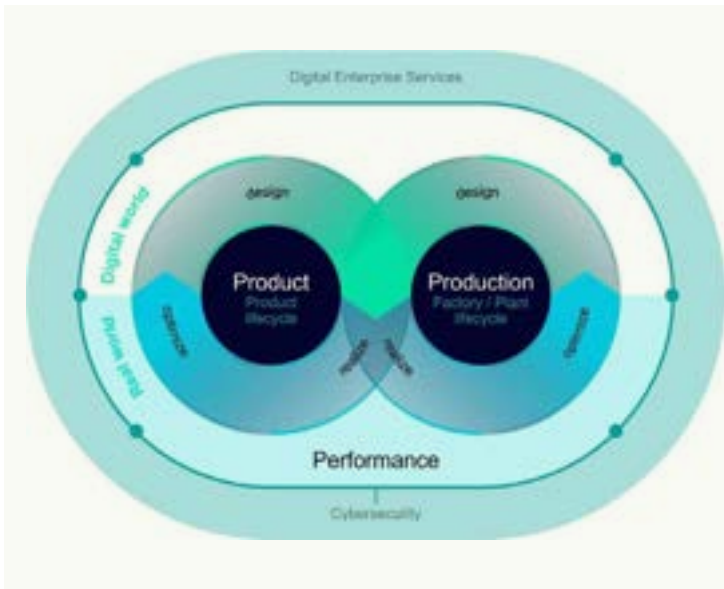
**Bauformat***Germania*

Il produttore di cucine integra materiali smart come superfici autoriparanti, laminati termoreattivi e finiture antimicrobiche. Questi materiali reagiscono a stimoli quali temperatura e umidità, migliorando durabilità e igiene dei mobili da cucina. Inoltre, integrano tecnologie come illuminazione automatizzata e soluzioni di stoccaggio intelligenti, ottimizzando funzionalità ed efficienza dello spazio cucina.

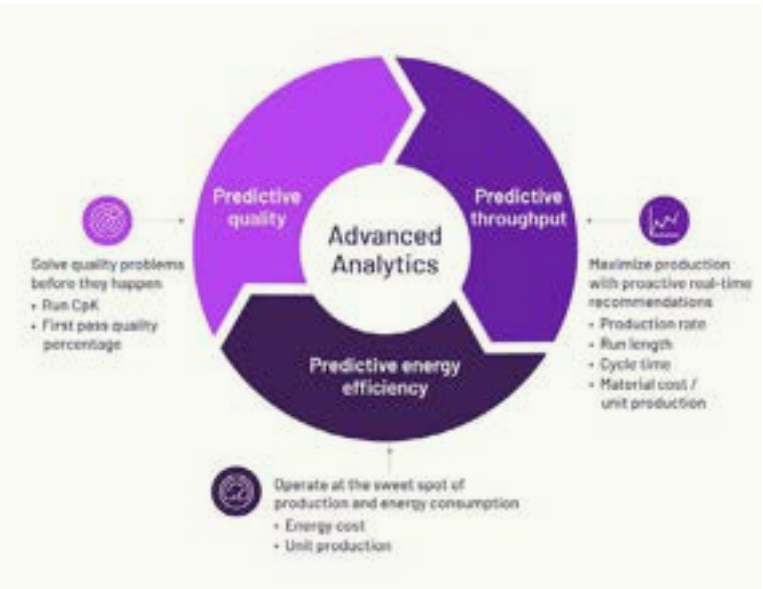
Rendere più smart i processi di sviluppo del prodotto con l'adozione di tecnologie dei gemelli digitali



1



2



Difficoltà di implementazione: **media**
 Fattibilità economica: **alta**

Rendere più smart i processi di sviluppo del prodotto con l'adozione di tecnologie dei gemelli digitali



Descrizione

La capacità di sviluppare e lanciare nuovi prodotti può determinare il successo o l'insuccesso di un'azienda. In questo contesto, le aziende cercano di potenziare le proprie capacità di sviluppo digitale del prodotto, vedendo in queste tecnologie un modo per accelerare i cicli di progettazione e ingegnerizzazione e, al contempo, ridurre i costi grazie all'ottimizzazione dei processi di R&S.

Anche gli approcci allo sviluppo digitale del prodotto stanno evolvendo rapidamente, sulla scia dei progressi in potenza di calcolo, metodologie di analisi e intelligenza artificiale. Tali progressi hanno portato all'emergere dei gemelli digitali (DT): repliche digitali di prodotti attuali o futuri, in grado di simulare tutte le caratteristiche dei loro corrispettivi fisici. Interagire con un prodotto o modificarlo in uno spazio virtuale può risultare più rapido, più semplice e più sicuro che farlo nel mondo reale.

1 Produzione flessibile ed efficiente (SRC ↔)

I responsabili dello sviluppo del prodotto si aspettano che i DT accelerino i processi di sviluppo e migliorino i risultati, riducendo al tempo stesso i costi. L'implementazione dei DT nella produzione di mobili **migliora progettazione e prototipazione creando repliche virtuali dei prodotti**, che consentono ai produttori di testare e perfezionare i progetti, ridurre gli sprechi e accelerare lo sviluppo. Integrando in tempo reale dati provenienti

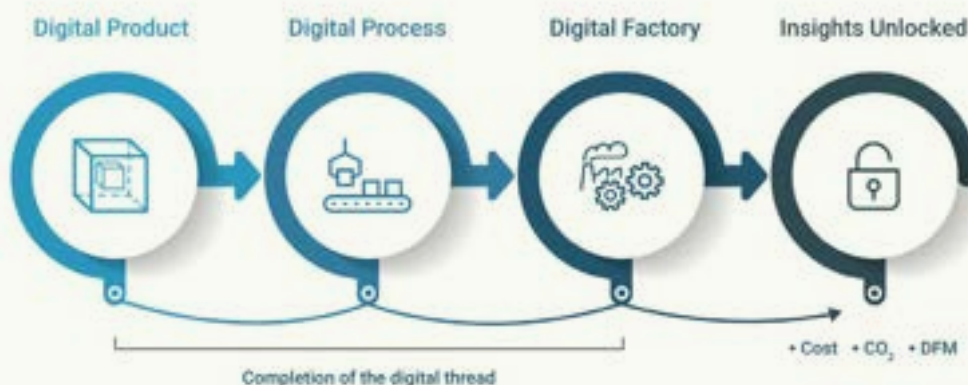
da dispositivi e sensori IoT, i DT **ottimizzano i processi produttivi**, consentendo la manutenzione predittiva e minimizzando i tempi di inattività. Inoltre, consentono di **simulare scenari e fare previsioni**, aiutando le aziende ad anticipare i problemi e valutare diverse soluzioni prima di apportare modifiche nel mondo reale. Oltre a questo, i DT **favoriscono la sostenibilità** riducendo il consumo di materiali ed energia grazie a test virtuali e attività di ottimizzazione più efficienti.

Un'azienda dotata di una solida piattaforma di gemello digitale, può eseguire simulazioni complete dell'intero prodotto in ambiente virtuale prima che qualsiasi proposta di design venga approvata dal cliente. Poiché macchine complesse in genere utilizzano una combinazione di elementi esistenti e componenti di nuova progettazione, le aziende possono mantenere una libreria di modelli di gemelli digitali dei componenti chiave, combinandoli con i modelli di nuovi pezzi per creare il gemello digitale completo. Il gemello può essere utilizzato per mostrare al cliente la soluzione proposta e verificare che il nuovo design soddisfi le sue esigenze. I modelli di gemello digitale dei nuovi componenti possono poi essere aggiunti alla libreria, rendendoli disponibili per progetti futuri con requisiti simili.²

Processi di analisi dei dati all'interno dei DT (SRC ↔)

In sintesi, i DT offrono ai produttori di mobili uno strumento potente per aumentare la precisione progettuale, ottimizzare la produzione, coinvolgere i clienti e promuovere la responsabilità ambientale. Adottare questa tecnologia consente alle aziende di posizionarsi al

Connecting Digital Twins = Seamless Digital Thread



3

Rendere più smart i processi di sviluppo del prodotto con l'adozione di tecnologie dei gemelli digitali

meglio in un mercato sempre più competitivo e attento alla sostenibilità.

Tuttavia, costruire una piattaforma di gemello digitale non è così semplice come potrebbe sembrare. Di conseguenza, un programma DT di successo è un vero e proprio percorso di gestione del cambiamento, che richiede l'impegno e il sostegno della direzione, oltre a un team di gestione del programma solido per monitorare le tappe fondamentali, sviluppare nuovi processi e supportarne l'adozione all'interno dell'organizzazione.

3 Roadmap digitale di produttori e fabbriche (SRC ↔)

Per superare questi potenziali ostacoli, le aziende possono adottare un approccio graduale all'adozione dei gemelli digitali. Le prime tre fasi affrontano le sfide tecnologiche inerenti a scelta della piattaforma, progettazione dell'architettura e integrazione: **Intelligenza competitiva e definizione dello scopo**, in cui l'organizzazione valuta le soluzioni disponibili e ne stima il potenziale valore; **Progettazione dell'architettura e definizione dello stack software**, che prevede la selezione dei componenti software necessari e la definizione dell'architettura di sistema; e **Sviluppo software**, in cui l'organizzazione sviluppa i processi e le capacità necessarie per costruire, integrare e avviare la propria piattaforma di gemello digitale. Le fasi successive si concentrano invece sulla trasformazione organizzativa necessaria a supportare nuovi processi e nuove modalità operative.



Applicazione

Nel settore del mobile, i gemelli digitali possono essere applicati in modi diversi, a seconda delle esigenze specifiche di produttori, designer e persino degli utenti finali. Hanno la capacità di **rivoluzionare il settore** rendendo la produzione più smart, migliorando l'esperienza del cliente, ottimizzando la progettazione dei prodotti e promuovendo la sostenibilità. Di seguito sono riportati alcuni esempi di applicazioni chiave, raggruppate in base al loro scopo:

Produzione intelligente e ottimizzazione dei processi

I gemelli digitali possono simulare e ottimizzare i processi produttivi del mobile per ridurre gli sprechi, migliorare l'efficienza e prevedere potenziali guasti dei macchinari. In quest'ottica, una fabbrica di mobili potrebbe integrare un DT della propria linea di produzione per analizzarne le prestazioni in tempo reale e individuare colli di bottiglia in processi quali taglio, assemblaggio o verniciatura (tra gli altri). A tal fine, è essenziale utilizzare sensori IoT per monitorare il consumo di materie prime e le prestazioni delle macchine, prevenendo i guasti prima che si verifichino. Inoltre, l'implementazione di simulazioni basate su IA aiuta a ridurre gli scarti suggerendo pattern di taglio più efficienti per i pannelli di legno. Questa applicazione può portare a una riduzione del 15-30% degli sprechi di materiale e a un miglioramento del 10-20% della velocità di produzione, grazie ad analisi dei dati in tempo reale e manutenzione predittiva.

4 Produzione intelligente e ottimizzazione dei processi



Prototipazione virtuale e personalizzazione

I gemelli digitali consentono a designer del prodotto e clienti di creare prototipi virtuali, testare diverse configurazioni e personalizzare i mobili prima della produzione fisica. In quest'ottica, un'azienda specializzata in arredi da ufficio potrebbe sviluppare un DT di scrivanie e sedute configurabili, permettendo ai clienti di regolare dimensioni, materiali e colori in un ambiente virtuale. Il gemello digitale può quindi simulare l'ergonomia basandosi sui dati dell'utente, assicurando che il prodotto risponda alle esigenze dell'utente finale prima dell'avvio della produzione; inoltre, moduli VR/AR consentono di visualizzare in tempo reale come l'arredo personalizzato si inserirà in un contesto d'ufficio o in casa. Questa applicazione può accorciare il ciclo di sviluppo del prodotto, riducendo la prototipazione fisica e aumentando la soddisfazione del cliente, grazie a soluzioni personalizzate e alla validazione ergonomica.

5 Prototipazione virtuale e personalizzazione

Manutenzione predittiva

I gemelli digitali possono monitorare in tempo reale le prestazioni di macchinari industriali o sistemi smart e prevedere i fabbisogni di manutenzione. Ad esempio, un'azienda che produce postazioni di lavoro intelligenti può integrare sensori nelle celle di produzione per monitorare pattern di utilizzo, integrità strutturale e vibrazioni dei motori. Il gemello digitale analizza questi dati per individuare segni di usura, consentendo di prevedere quando determinati componenti richiederanno interventi di manutenzione o sostituzione. Questo approccio proattivo consente ai responsabili di impianto di intervenire prima che si verifichino guasti, riducendo fermi imprevisti e contenendo i costi di manutenzione.

6 Concetto chiave di manutenzione tramite sensori (SRC ↔)

Tracciamento sostenibile dei materiali ed economia circolare

I gemelli digitali aiutano a tracciare i materiali lungo l'intero ciclo di vita del prodotto, supportando la produzione sostenibile e iniziative di economia circolare. Ad esempio, un marchio di arredamento sostenibile potrebbe creare DT per tutti i propri prodotti, tracciando l'origine del legno, dei tessuti e dei componenti metallici. Inoltre, grazie all'integrazione di tecnologie IoT, gli utenti potrebbero verificare la riciclabilità dei singoli componenti e, quando il mobile raggiunge la fine del ciclo di vita, il gemello digitale può suggerire di riutilizzare o riciclare parti specifiche, contribuendo alla prevenzione degli sprechi. Questa applicazione può supportare obiettivi di ecodesign e sostenibilità e abilitare modelli di mobilio come servizio, in cui i clienti possono aggiornare singoli componenti invece di sostituire l'intero prodotto.

7 Concetto di passaporto digitale del prodotto (SRC ↔)

Figure 1: Evolution of maintenance



Rendere più smart i processi di sviluppo del prodotto con l'adozione di tecnologie dei gemelli digitali



Aspetti dell'implementazione

■ Difficoltà di implementazione: media

L'adozione dei gemelli digitali nella manifattura sostenibile offre benefici significativi, ma presenta anche delle sfide. Tra i principali ostacoli rientra l'integrazione, in un modello unico, dei parametri di produzione e degli indicatori di sostenibilità, così da consentire decisioni basate sui dati capaci di bilanciare efficienza e responsabilità ambientale. Inoltre, la scalabilità e la preparazione della forza lavoro sono aspetti determinanti, servono competenze adeguate e percorsi formativi economicamente sostenibili, che i DT possono supportare tramite simulazioni virtuali. I produttori devono anche affrontare la complessità di collegare ogni processo e ogni macchina, oltre a criticità inerenti ad accuratezza, sicurezza e privacy dei dati.

Per superare questi ostacoli, un approccio graduale, che inizi dalla simulazione dei processi e cresca nel tempo, può ridurre il rischio. È inoltre essenziale promuovere una cultura dell'innovazione e investire nel potenziamento delle competenze dei dipendenti. L'integrazione e l'interoperabilità dei dati tra sistemi eterogenei e macchinari legacy restano una delle principali sfide per l'implementazione dei DT su larga scala.

■ Fattibilità economica: alta

L'implementazione della tecnologia di gemello digitale richiede un investimento iniziale significativo in sensori, dispositivi IoT, software, infrastrutture e personale qualificato, che all'inizio può rappresentare una barriera. Tuttavia, nonostante gli elevati costi iniziali (CAPEX), i benefici a lungo termine, tra cui risparmi operativi, maggiore efficienza e crescita dei ricavi, spesso si traducono in un solido ritorno sull'investimento (ROI). Concentrarsi su ambiti quali l'ottimizzazione delle risorse, la manutenzione predittiva e l'efficienza operativa è fondamentale per massimizzare il valore della tecnologia dei gemelli digitali.

Ad oggi, l'adozione della tecnologia dei gemelli digitali in ambito manifatturiero rimane per lo più limitata alle **grandi aziende** con adeguate risorse finanziarie e tecniche. La complessità e la scala dell'implementazione rendono infatti difficile per le piccole e medie imprese (PMI) implementare i DT in modo efficace. Pur essendo rilevanti le capacità di simulazione e i miglioramenti nella gestione della produzione offerti dai DT, lo scenario attuale del mercato mostra che il loro ampio utilizzo è ancora concentrato tra i leader del settore.

■ Fattori umani

L'adozione della tecnologia dei gemelli digitali spesso richiede cambiamenti organizzativi e una trasformazione culturale. Resistenza al cambiamento, analfabetismo digitale o scarsa consapevolezza dei benefici possono ostacolare un'adozione di successo. Per garantire la continuità operativa, è necessario che i dipendenti sviluppino nuove competenze e colmino il divario digitale senza interrompere le attività.

Di conseguenza, i DT non devono essere intesi come sostituti dei lavoratori, bensì come facilitatori di attività più intelligenti e a maggiore valore aggiunto. Stanno emergendo nuovi profili professionali legati alla collaborazione tra persone e sistemi digitali, come l'operatore di gemello digitale, l'analista di intelligenza del processo e il progettista di simulazioni XR. I lavoratori evolvono da semplici esecutori a figure più attive nella gestione dei processi, supervisionano l'automazione, interpretano i dati operativi per prendere decisioni e intervengono per perfezionare i parametri di produzione.

In conclusione, la fabbrica del futuro non punta a sostituire le persone, ma a rafforzarne le capacità. Se le macchine svolgono le attività ripetitive, le persone assumono un ruolo centrale nel controllare, adattare e migliorare i sistemi intelligenti. La sfida sta nel fornire ai lavoratori le competenze adeguate, consapevolezza digitale e strumenti di supporto per operare con efficacia in questo nuovo contesto.

■ Fattori ambientali

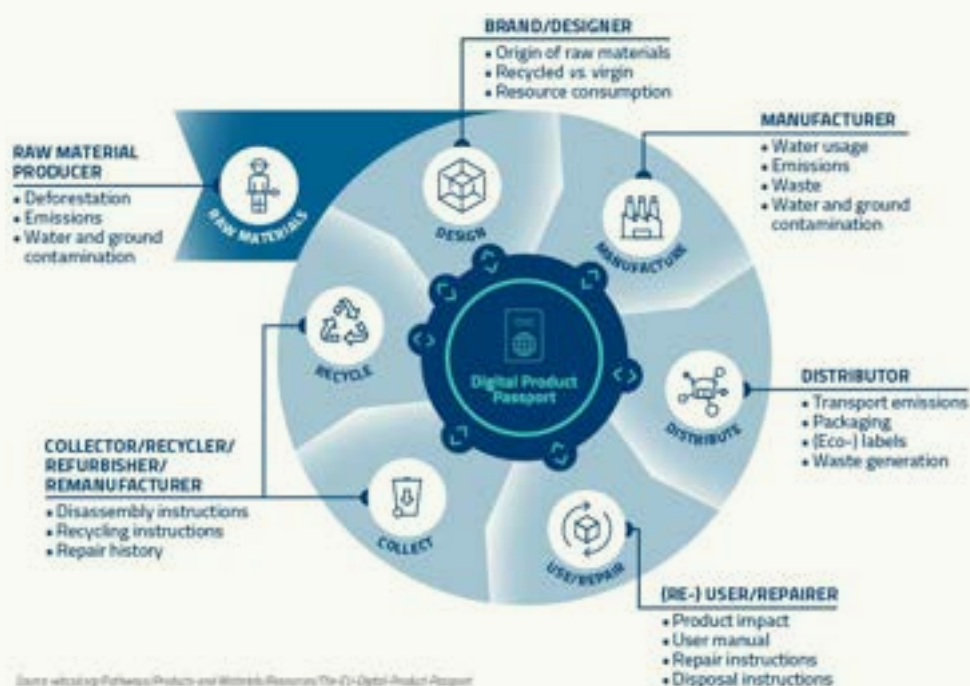
L'implementazione dei gemelli digitali può ridurre l'impronta di carbonio ottimizzando i consumi energetici, minimizzando gli scarti e aumentando l'efficienza nella produzione di mobili. In particolare, possono essere utilizzati soprattutto per simulare processi produttivi che portano al risparmio energetico e delle risorse, alla prevenzione degli sprechi, alla riduzione dei test fisici e all'ottimizzazione dei percorsi logistici, con conseguente diminuzione delle emissioni di CO₂ e di altri impatti ambientali. Inoltre, i DT abilitano la manutenzione predittiva, prolungando la vita utile delle apparecchiature e riducendo interventi non necessari. Nel complesso, queste applicazioni possono contribuire a ridurre significativamente l'impatto ambientale, assicurando che i processi produttivi siano coerenti con specifiche e requisiti ambientali.

Detto questo, nell'implementazione di un DT in ambito manifatturiero è necessario considerare diversi fattori ambientali. Questi includono i consumi energetici legati a calcolo e hardware, il consumo di energia e acqua da parte di data center e infrastrutture, e l'uso delle risorse (anche di materiali critici), con particolare attenzione all'efficienza dei materiali e alla gestione dei rifiuti elettronici. I produttori dovrebbero quindi concentrarsi sull'ottimizzazione della sostenibilità della catena di approvvigionamento, sulla gestione efficiente dell'archiviazione dei dati e sulla verifica che il DT contribuisca concretamente alla riduzione degli scarti e all'ottimizzazione energetica nella produzione. Anche conformità alle normative ambientali, valutazioni del ciclo di vita e applicazione dei criteri di ecodesign sono elementi chiave per minimizzare l'impatto ambientale del DT.

Un ulteriore aspetto riguarda la connettività tramite dispositivi IoT, cloud computing e analisi dei dati in tempo reale. La produzione e la manutenzione delle reti di sensori utilizzate per raccogliere dati di telemetria, ad esempio, accelerometri, sensori termici e tag RFID, comportano impatti ambientali in termini di materiali ed energia. Questi dispositivi spesso impiegano elementi delle terre rare, batterie al litio e semiconduttori specializzati, la cui estrazione e lavorazione contribuiscono in modo significativo a emissioni di gas serra, **consumi energetici**, inquinamento idrico e da rifiuti tossici e, in generale, **alla difficoltà del riciclo a fine vita**.

■ Allineamento a certificazioni e normative

L'implementazione di un DT in fabbrica richiede la conformità a diverse normative e standard relativi a sicurezza dei dati (ISO/IEC 27001, IIC Gestione della sicurezza), privacy (GDPR), sicurezza informatica (NIST), interoperabilità (IEC 62264 / ISA-95), impatto ambientale (Accordo di Parigi e obiettivi Net Zero, ISO 14001) e requisiti specifici del settore (CCPA, Legge sulla IA, ISO 50001). Queste regole e questi standard sono fondamentali per garantire la privacy dei dati, la sicurezza informatica, l'efficienza energetica e pratiche di produzione sostenibili.



Rendere più smart i processi di sviluppo del prodotto con l'adozione di tecnologie dei gemelli digitali



Soluzioni



Gemello digitale per la produzione

TWINZO

Slovacchia ↔

Twinzo è una piattaforma di gemello digitale 3D in tempo reale, progettata con approccio mobile-first per offrire visibilità completa su operazioni di produzione e logistica. Consente di creare repliche digitali in tempo reale di impianti, come fabbriche, magazzini o persino intere città, integrando dati da sensori IoT, sistemi RTLS (Real-Time Location Systems) e metriche operative in un ambiente 3D interattivo accessibile da smartphone, tablet o desktop.



Gemello digitale per la produzione

Siemens

Germania ↔

Siemens Xcelerator è una piattaforma digitale integrata che aiuta le aziende a semplificare progettazione, produzione e operazioni combinando software, hardware e servizi. Per il settore del mobile, consente di creare gemelli digitali dettagliati di prodotti e linee di produzione, supporta design personalizzati e modulari e offre strumenti per simulazione di fabbrica, integrazione IoT e sviluppo di app low-code. Con soluzioni come Te- amcenter per PLM, Tecnomatix per l'ottimizzazione dei processi e Mindsphere per insight smart sulle fabbriche, consente ai produttori di mobili di migliorare l'efficienza, ridurre gli sprechi e accelerare l'innovazione dal concept al cliente.



Gemello digitale per la produzione

Microsoft

Stati Uniti ↔

Azure Digital Twins è una piattaforma di Microsoft che consente di creare modelli digitali completi di ambienti reali, come edifici, fabbriche o intere catene di approvvigionamento. Utilizza un linguaggio di modellazione aperto (DTDL) per definire entità, relazioni e comportamenti, ed è quindi ideale per simulare sistemi complessi in tempo reale. In contesti come la produzione o la vendita al dettaglio di mobili, può modellare qualsiasi cosa, dai flussi di lavoro delle fabbriche alla disposizione nei negozi, tracciare asset tramite dati IoT e alimentare analisi intelligenti per ottimizzazione e sostenibilità. Integrata nell'ecosistema Azure, supporta soluzioni di gemello digitale scalabili, sicure e intelligenti.



Gemello digitale per la produzione

Bentley's Systems

Stati Uniti ↔

La piattaforma iTwin di Bentley è nota soprattutto per infrastrutture e ingegneria, ma offre anche strumenti avanzati per modellare e simulare ambienti industriali e manifatturieri. Consente di creare gemelli digitali in tempo reale, integrando dati di progettazione (BIM/ CAD), flussi da sensori e sistemi operativi in una vista unica e connessa. Per la produzione, questo permette visualizzare la disposizione delle fabbriche, monitorare le prestazioni degli impianti, simulare processi e ottimizzare le operazioni durante tutto il ciclo di vita dell'asset. Grazie al forte supporto per la modellazione della realtà e l'integrazione con piattaforme IoT, i gemelli digitali di Bentley aiutano a migliorare affidabilità degli asset, efficienza dei flussi di lavoro e processi decisionali basati sui dati in impianti di produzione complessi.



Gemello digitale per la produzione

PTC INC

Stati Uniti ↔

ThingWorx, sviluppata da PTC, è una piattaforma industriale IoT e gemello digitale pensata per connettere, analizzare e ottimizzare asset fisici e processi. Consente ai produttori di creare rappresentazioni digitali in tempo reale di prodotti, macchine o intere linee di produzione, combinando dati provenienti da sensori, sistemi (come ERP/PLM) e input degli utenti. ThingWorx è particolarmente efficace per manutenzione predittiva, monitoraggio remoto e ottimizzazione delle prestazioni. Si integra inoltre con Vuforia per la realtà aumentata, permettendo agli utenti di interagire con i gemelli digitali in modo immersivo, utile per formazione, risoluzione dei problemi o visualizzazione di prodotti personalizzati. La sua flessibilità e gli strumenti low-code la rendono adeguata ad aziende che vogliono accelerare la trasformazione digitale sia nella fase di sviluppo che di produzione.



B SOLID Software di simulazione con replica digitale per CNC

BIESSE

Italia ↔


B-SOLID consente di vedere la macchina CNC attraverso un gemello digitale, l'utente può progettare un programma di lavorazione per qualsiasi progetto specifico, eseguire una simulazione 3D realistica dell'attività, verificare la velocità di lavorazione e la scelta degli utensili e stimare i tempi di completamento del lavoro. Il controllo delle collisione in ambiente virtuale permette di evidenziare eventuali contatto tra parti della macchina, evitando urti tra testa della macchina e piano di lavoro.


Software di gemello digitale per macchine CNC

SIEMENS

Germania ↔

Siemens NX, in combinazione con Sinumerik One, consente di sviluppare un vero gemello digitale del sistema CNC, simulando con precisione il comportamento della macchina utensile. Questa tecnologia avanzata è stata adottata da CMS (parte del gruppo SCM) nella piattaforma ibrida CMS Kreator. Grazie al gemello digitale, CMS può validare i percorsi degli utensili, prevenire collisioni e ottimizzare i processi produttivi prima dell'esecuzione reale. Il sistema integra inoltre MindSphere ed Edge Computing per il monitoraggio in tempo reale e la manutenzione predittiva. Questo approccio è particolarmente utile per i produttori di macchine per la lavorazione del legno, poiché riduce i tempi di messa in servizio e migliora l'efficienza operativa complessiva.


Progettazione sostenibile di mobili tramite gemelli digitali

AMUEBLA

Spagna ↔


Nel progetto AMUEBLA, sviluppato con SANCAL e AIDIMME, i gemelli digitali vengono utilizzati per validare la conformità normativa e le soluzioni di design sostenibile prima della produzione fisica. Questo caso è un esempio significativo di come la tecnologia dei gemelli digitali supporti obiettivi di conformità e sostenibilità nel settore del mobile.


Circularise

Circularise

I Paesi Bassi ↔


Piattaforma basata su blockchain per tracciare l'origine, il ciclo di vita e la riciclabilità dei materiali a supporto della manifattura circolare.


Dassault Systèmes DELMIA

Dassault Systèmes

Francia ↔


Consente simulazioni e ottimizzazioni avanzate della produzione, aiutando i produttori di mobili a semplificare la produzione, gestire le risorse e ridurre i tempi di inattività.


SAP analisi predittive sugli asset

SAP

Germania

Prevede le esigenze di manutenzione dei mobili intelligenti utilizzando IoT e analisi di machine learning.


Autodesk Configurator 360

Autodesk

Stati Uniti ↔

Piattaforma web di configurazione 3D per creare modelli di mobili personalizzabili, integrando la progettazione CAD parametrica.


Topsolid Wood

TopSolid

Francia ↔

TopSolid"Wood è un software CAD/CAM integrato pensato per il settore del legno, che consente la gestione end-to-end del progetto, dalla progettazione alla produzione. Offre modellazione 3D illimitata, funzioni di lavorazione personalizzabili e integrazione con CAM e ottimizzatori del taglio, aumentando la produttività di professionisti e produttori del legno.

Rendere più smart i processi di sviluppo del prodotto con l'adozione di tecnologie dei gemelli digitali



Esempi



Twinzo

Slovacchia



Gemello digitale per la gestione del magazzino: gli operatori logistici si muovono all'interno dello stabilimento alla ricerca dei materiali da rifornire o degli imballaggi vuoti da rimuovere dalla linea, spesso in modo casuale o seguendo percorsi prestabiliti. Questa prassi, nel corso della giornata, porta frequentemente a periodi di inattività della produzione dovuti alla carenza di materiali, con conseguenti fermi cumulativi. Inoltre, è diffuso il problema di un impiego non equilibrato dei carrellisti, alcuni operatori risultano sovraccarichi, mentre altri svolgono attività non produttive, come navigare sui social media.



Siemens

Germania



Trasformare il settore per il futuro: DMG MORI, leader mondiale nella produzione di macchine utensili, offre il primo gemello digitale end-to-end di una macchina utensile sul Siemens Xcelerator Marketplace. Sviluppata in stretta collaborazione con Siemens, questa innovazione pionieristica rappresenta una vera pietra miliare per il settore, una soluzione scalabile che può essere adattata alle esigenze specifiche dei singoli clienti.



Visual Components

Finlandia



Gemello digitale per la produzione di mobili da bagno: i clienti di oggi chiedono prodotti personalizzati, ma si aspettano anche prezzi contenuti, una combinazione che crea una sfida per i produttori. Questa apparente contraddizione nasce dal fatto che l'aumento della varietà dei prodotti incrementa la complessità produttiva. Tuttavia, la personalizzazione di massa offre una soluzione, come già avviene in settori quali l'automotive e l'arredo bagno. Aziende come MBFZ Toolcraft GmbH sono specializzate in tecnologie avanzate, ad esempio soluzioni robotiche chiavi in mano su misura, che aiutano i produttori ad adattarsi a questa tendenza. MBFZ, fondata nel 1989, è diventata un punto di riferimento in questo settore, offrendo soluzioni innovative per settori come quello aerospaziale, della tecnologia medica e automotive, consentendo alle aziende di gestire la personalizzazione su larga scala in modo efficiente.



Siemens

Germania



Girsberger simula e ottimizza offline le operazioni di taglio del legno utilizzando un gemello digitale: Descrive come Girsberger abbia ottimizzato i propri processi produttivi adottando tecnologie del gemello digitale, l'azienda testa e ottimizza offline le operazioni di taglio del legno utilizzando il gemello digitale della macchina, risparmiando tempo e tentativi falliti ed evitando collisioni.



Dassault Systèmes

Francia



Test virtuali con PowerFLOW: Test virtuali con PowerFLOW: la cucina è diventata un punto centrale per la vita familiare e per l'intrattenimento nelle abitazioni moderne. Design e funzionalità evolvono per supportare un numero crescente di attività, riflettendo un passaggio da spazi abitativi pratici ad ambienti versatili. I ricercatori del Silestone Institute hanno pubblicato uno Studio Globale sulla Cucina, che evidenzia come oggi le cucine superino i ruoli tradizionali, diventando un centro dinamico per diverse attività, tra cui la socializzazione, il lavoro e il consumo dei pasti. Layout open space con sedute confortevoli ed elementi di design innovativi possono trasformare la cucina in uno spazio accogliente, adatto alla convivialità, mantenendo la praticità necessaria per preparare snack e pasti.



Digitiza Designs

Stati Uniti



Trasformare l'interior design con la tecnologia di scansione 3D: sono essenziali misure precise e, a differenza della maggior parte dei negozi online, i mobili spesso devono essere valutati di persona per texture, comfort e stile. Rooms To Go ha voluto superare questi limiti creando modelli digitali di arredi così realistici da permettere agli interior designer di valutare virtualmente le soluzioni di arredo, raggiungere il miglior equilibrio look & feel e concretizzare le proprie idee creative.



Beamo

Repubblica di Corea



Caso applicativo di gemello digitale nel settore hospitality: la piattaforma di gemello digitale di Beamo utilizza videocamere a 360 gradi e smartphone per creare repliche virtuali, con applicazioni che vanno oltre i settori tradizionali. Una struttura alberghiera ha implementato con successo la tecnologia per marketing e rappresentanza, ottenendo risparmi sui costi, riduzione delle

spese per i dati e miglioramenti del flusso di lavoro e della documentazione. Le applicazioni versatili della tecnologia dei gemelli digitali continuano a evolversi, mostrando il loro impatto positivo in ambiti diversi.

Denodo Technologies

Stati Uniti



Caso di studio su dati in tempo reale e virtualizzazione: descrive come CITY Furniture, dopo il successo di un sistema di dati in tempo reale per le vendite, ne abbia esteso l'adozione ad altri reparti. Il percorso inizia con un ingegnere software e un mainframe IBM e culmina in un'iniziativa di democratizzazione dei dati. Lungo il percorso compaiono diverse tappe interessanti: uno strato di streaming, un data warehouse IBM su cloud, un insieme eterogeneo di data store, un data fabric e la virtualizzazione dei dati.

Cetem

Spagna



Un gemello digitale per il mobile consente di anticipare i test dei prototipi per la conformità normativa e legale: AMUEBLA ha presentato domanda per un progetto innovativo insieme ad AIDIMME, CETEM, ARVET e all'azienda SANCAL, con l'obiettivo di migliorare la progettazione del prototipo mediante simulazioni con gemello digitale, verificando la conformità legale e industriale prima della produzione e riducendo i costi dovuti alla mancata conformità agli standard.



Cina



Applicazione di un modello di gemello digitale per laboratorio al processo di imballaggio nella produzione di mobili a pannello per migliorare l'integrazione con i sistemi informativi. Implementato presso l'azienda W, il modello ha individuato inefficienze e proposto ottimizzazioni, attraverso simulazioni e test reali ha aumentato l'efficienza della linea di imballaggio del 20% e ridotto il fabbisogno di manodopera a 5-6 addetti. Il modello supporta la manifattura intelligente e gli aggiornamenti dei sistemi.

Hamon

Francia



Modernizzazione di macchinari obsoleti: nel progetto di retrofit di una macchina utilizzata per tagliare tavole di legno in dimensioni uniformi e qualità costante, è stato implementato un gemello digitale (a cura dell'integratore di sistema Actemium, basato sul software Emulate 3D Dynamic Digital Twin di Rockwell Automation), per sviluppare e testare offline i nuovi programmi di automazione, ottimizzare il codice e anticipare potenziali problemi prima dei test sulla macchina reale. È stata ottenuta una riduzione significativa dei tempi di inattività



Simplan

Germania



Simulazione con gemello digitale per analizzare i processi produttivi: il produttore tedesco Nolte-Möbel utilizza il software Siemens Plant Simulation per ottimizzare complessi flussi di lavoro di pre-produzione. Il software crea un gemello digitale dell'ambiente di produzione, integrando dati reali da Excel per una modellazione accurata. Nolte lo impiega per simulare scenari di pianificazione e variazioni di processo senza interrompere le operazioni in corso. Lo strumento offre piena visibilità sui flussi di materiale e utilizzo delle risorse.

FlexSim Software Products, Inc

Stati Uniti



Modellazione con gemello personalizzato per la produzione di mobili FlexSim: studio basato su simulazione della produzione di mobili personalizzati di massa con il software FlexSim 3D, applicato a un'azienda polacca. Analizza come l'aumento dei volumi produttivi influisca sul carico di lavoro delle macchine e sull'efficienza del sistema. Le raccomandazioni includono l'aggiunta di attrezzature e l'ottimizzazione del flusso dei materiali per consentire una crescita scalabile ed efficiente, fino a dieci volte la capacità attuale.

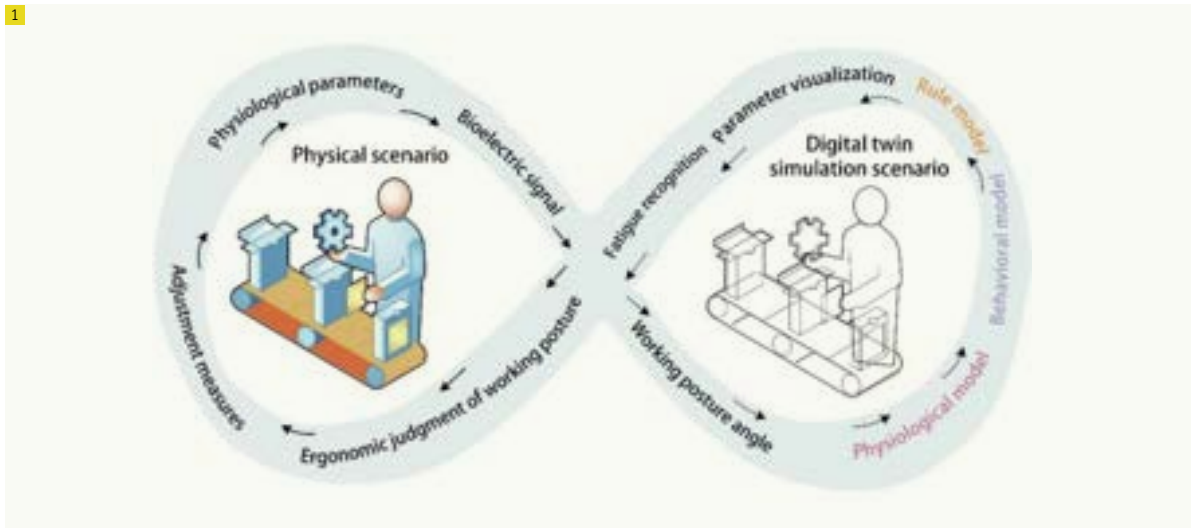
Girsberger Holding AG

Svizzera



Ottimizzare la produzione di mobili con un gemello digitale: Girsberger ottimizza le operazioni di taglio del legno tramite un gemello digitale per prevenire collisioni e migliorare l'efficienza produttiva. Questa implementazione pratica aiuta a illustrare in modo concreto le funzionalità di ThingWorx, con un esempio immediatamente comprensibile e vicino al settore.

Aumentare la sicurezza e la produttività dei processi produttivi minimizzando l'impatto ambientale, tramite tecniche di simulazione nei gemelli digitali



Difficoltà di implementazione: **media**Fattibilità economica: **alta**

Aumentare la sicurezza e la produttività dei processi produttivi minimizzando l'impatto ambientale, tramite tecniche di simulazione nei gemelli digitali



Descrizione

I gemelli digitali stanno diventando uno strumento essenziale per promuovere la sostenibilità nel settore manifatturiero, in continua evoluzione. Le loro capacità predittive aiutano a ridurre i tempi di inattività, prolungare la vita utile delle apparecchiature e minimizzare gli sprechi grazie a una manutenzione proattiva e alla mitigazione dei rischi. Integrando dati in tempo reale da sensori e macchine, i gemelli digitali creano repliche virtuali accurate dei sistemi fisici, permettendo ai produttori di simulare scenari, ottimizzare i processi e identificare problemi senza interrompere la produzione. Il confronto continuo tra i dati in tempo reale e i dati generati dalla simulazione permette così al software di migliorare la comprensione del fenomeno osservato, ottenendo **simulazioni più accurate** e contribuendo in modo rilevante alla sostenibilità dei processi produttivi. Inoltre, nell'era di Industria 5.0, l'approccio umano nella manifattura è fondamentale. Considerando l'invecchiamento della forza lavoro e il crescente numero di donne che intraprendono lavori tradizionalmente dominati dagli uomini, è fondamentale integrare questa diversità nel design ergonomico di sistemi e ambienti, adattando i posti di lavoro alle caratteristiche di tutte le persone. In questo contesto, l'uso dei gemelli digitali insieme alla **simulazione ergonomica** ha contribuito recentemente ad aumentare sia la sicurezza che la produttività sul lavoro.

1 Approccio del gemello digitale per la simulazione dell'ergonomia umana (SRC ↔)

Negli ultimi decenni, l'ergonomia si è evoluta includendo sia simulazioni in ambienti 3D sia tecniche di Intelligenza Artificiale per stimare i disturbi muscoloscheletrici (MSD) correlati al lavoro. Grazie ai progressi nella velocità di simulazione e a interfacce più intuitive, il tempo necessario per sviluppare simulazioni ergonomiche è diminuito drasticamente, rendendole più pratiche da applicare. In passato, l'analisi ergonomica prevedeva l'uso di tabelle MTM e regole empiriche generiche per incorporare fattori di sicurezza ed euristiche finalizzate a garantire la sicurezza delle mansioni. Questo approccio spesso rendeva difficile valutare attività specifiche o spingeva i progettisti a scegliere soluzioni costose per garantire la sicurezza. Per ridurre questo divario, l'approccio basato sui gemelli digitali nella progettazione e nella gestione dei processi mette a disposizione

degli ingegneri strumenti più efficaci e più rapidi, poiché consente di valutare l'ergonomia dal punto di vista fisico che da quello cognitivo.

La **simulazione ergonomica fisica** consiste nel valutare l'ambiente ergonomico fisico sotto diversi aspetti, tra cui la portata e la raggiungibilità dell'operatore, le sollecitazioni e i carichi sul corpo, la stima dell'energia spesa in chilocalorie per valutare l'affaticamento utilizzando strumenti basati sull'osservazione come il RULA (Rapid Upper Limb Assessment), il REBA (Rapid Whole Body Assessment), l'OWAS (Ovako Working Posture Analysing System) e l'OCRA (Occupational Repetitive Actions Index). Quando si valuta la raggiungibilità, le simulazioni permettono di modificare facilmente l'antropometria del manichino digitale, così da verificare che sia un soggetto di corporatura minuta (ad esempio una donna di statura e peso ridotti) sia un soggetto di corporatura robusta (ad esempio un uomo di statura e peso elevati) riescano a svolgere le loro attività senza difficoltà. In base a uno standard selezionato o a una specifica classe di peso, la simulazione può essere configurata per valutare la posizione del corpo durante l'esecuzione di un'attività. Le simulazioni possono inoltre servire a verificare l'accessibilità di una mansione specifica, stimando il tempo del ciclo e verificando che la postura del lavoratore rimanga entro limiti accettabili per tutta la durata dell'attività.

2 Ergonomia fisica nei processi produttivi (SRC ↔)

Movimenti e posture dei manichini digitali sono spesso guidati dai dati raccolti mediante dispositivi ottici o sensori inerziali applicati al corpo della persona monitorata in scenari reali. Sistemi di lavoro di questo tipo sono affidabili, ma costosi, richiedono configurazioni specifiche e sono difficili da utilizzare in ambienti di lavoro reali per ottenere simulazioni realistiche e ripetibili. Il machine learning, e in particolare le tecniche di deep learning, consente di riconoscere le articolazioni del corpo umano a partire da video acquisiti con videocamere RGB e di calcolare direttamente indici ergonomici o di supportare simulazioni.

La **simulazione ergonomica cognitiva** analizza invece la componente mentale di un'attività. Spesso riguarda segnali visivi e le informazioni fornite al lavoratore per aiutarlo a svolgere le sue attività in modo corretto e ridurre lo stress mentale legato al lavoro. L'ergonomia cognitiva adotta il concetto di gemello digitale per permettere ai lavoratori di sperimentare un ambiente di lavoro prima che venga realizzato, poiché è dimostrato che una cattiva ergonomia cognitiva porta a sovraccarico mentale,

Aumentare la sicurezza e la produttività dei processi produttivi minimizzando l'impatto ambientale, tramite tecniche di simulazione nei gemelli digitali

ad esempio per: distrazioni (ad esempio, rumori, conversazioni, elementi in movimento, ecc.); interruzioni (ad esempio, colleghi che chiedono assistenza, tecnologie che comportano interazione e notifiche, informazioni mancanti o decisioni che bloccano la continuità del lavoro, ecc.); sovraccarico di informazioni (ad esempio, multitasking, monitoraggio simultaneo di più elementi, passaggio frequente tra attività durante il lavoro, ecc.).

- 3 Fonti di sovraccarico cognitivo nei processi di produzione (SRC ⇄)



Applicazione

È noto che i gemelli digitali svolgono un ruolo chiave nella riduzione dell'impatto ambientale della produzione, migliorando la sostenibilità dei processi. Abilitano l'ottimizzazione delle risorse analizzando dati su uso dei materiali, scarti e consumi energetici per individuare inefficienze. Attraverso simulazioni virtuali, i gemelli digitali aiutano a ridurre i consumi mantenendo la qualità del risultato. Ad esempio, i gemelli digitali permettono di creare prototipi virtuali realistici che replicano prodotti o processi, riducendo la necessità di prototipi fisici, costosi e dispendiosi in termini di tempo. In questo modo è possibile individuare e correggere i difetti già in fase di progettazione, riducendo i costi di materiali, manodopera e tempi, oltre al consumo di energia. Le modifiche possono essere testate rapidamente, accelerando sviluppo e time-to-market e migliorando la qualità finale del prodotto.

I gemelli digitali supportano inoltre la riduzione degli scarti, abilitando la manutenzione predittiva e prolungando la durata delle apparecchiature. Inoltre, facilitano modelli produttivi circolari, come riciclo e rimanifattura, ottimizzando i flussi di materiale e il recupero delle risorse. In quest'ottica, i gemelli digitali possono anche essere utilizzati per simulare il comportamento dei lavoratori, con l'obiettivo di migliorare sicurezza, velocità ed efficienza nella produzione. Occorre però considerare le criticità nel replicare i movimenti umani e l'ergonomia.

Una delle principali difficoltà risiede nell'ottenere rappresentazioni accurate dei movimenti umani, considerando i limiti di precisione dei sensori e della modellazione biomeccanica. Anche la latenza e i problemi di sincronizzazione dei dati possono compromettere la reattività in tempo reale, creando scostamenti tra movimenti simulati e reali. L'integrazione di diverse fonti e tecnologie di dati aggiunge complessità a causa di problemi di compatibilità e vincoli di interoperabilità. Infine, aspetti inerenti alla privacy e all'etica legati alla raccolta e al trattamento dei dati sui movimenti delle persone ren-

dono necessarie misure di tutela specifiche, in grado di proteggere i diritti individuali.

4 Gemelli digitali per la valutazione ergonomica nei processi produttivi

Simulare l'interazione uomo-robot richiede modelli avanzati e algoritmi di controllo in grado di garantire una collaborazione fluida. Problemi di scalabilità, scarsa standardizzazione e assenza di best practice consolidate rallentano ulteriormente l'adozione, evidenziando la necessità di linee guida condivise a livello di settore. Per superare questi ostacoli e sfruttare appieno il potenziale dei gemelli digitali nella simulazione dell'attività umana, sono fondamentali: tecniche di modellazione più evolute, machine learning, deep learning, integrazione approfondita dei dati e quadri etici adeguati.

Inoltre, i gemelli digitali possono essere utilizzati per visualizzare l'intera forza lavoro in diversi scenari, mostrando come i dipendenti renderebbero al meglio in determinate condizioni e permettendo una pianificazione precisa delle risorse. La rappresentazione virtuale di ciascun lavoratore consente un controllo predittivo, così da anticipare i problemi e risolverli in modo proattivo.

5 Gemelli digitali per il controllo e la pianificazione del personale

I gemelli digitali offrono un potenziale trasformativo per la gestione della forza lavoro, poiché consentono alle organizzazioni di simulare e ottimizzare le decisioni relative ai dipendenti prima di metterle in pratica. Migliorano le previsioni grazie a stime accurate e basate sui dati, riducono i rischi nei cambiamenti organizzativi e supportano la pianificazione strategica. Mappando in tempo reale competenze e performance, le aziende possono allocare le risorse in modo più efficace, definire percorsi professionali personalizzati, ottimizzare la programmazione e adattarsi rapidamente alle esigenze in evoluzione.

Nel complesso, i gemelli digitali aumentano l'efficienza, migliorano l'allineamento dei ruoli e supportano lo sviluppo continuo e l'agilità della forza lavoro. In altre parole, i gemelli digitali aiutano le organizzazioni a prepararsi a eventi imprevisti come variazioni della domanda di lavoro, turnover o avvio di nuovi progetti. Possono essere considerati strumenti per anticipare evoluzioni a lungo termine e per identificare rischi e opportunità. A differenza dei modelli statici, i gemelli digitali utilizzano informazioni in tempo reale per rappresentare dinamicamente la forza lavoro, simulando le reazioni dei team a scenari quali cambiamenti di carico di lavoro o modifiche dei turni.



Aspetti dell'implementazione

■ Difficoltà di implementazione: media

L'implementazione della simulazione dei processi produttivi, in particolare per l'ergonomia, presenta sfide come l'integrazione dei dati in tempo reale, la necessità di competenze tecniche e la resistenza del personale. Tra le barriere umane rientrano lo scetticismo verso gli strumenti digitali, la scarsa consapevolezza dell'importanza dell'ergonomia e i timori legati a sorveglianza o valutazione del lavoro. Inoltre, i responsabili possono dare priorità alla produttività rispetto all'ergonomia. Per superare queste difficoltà è necessaria una comunicazione chiara, una pianificazione inclusiva, formazione e dimostrazione concreta del valore dell'ergonomia sia per la sicurezza che per l'efficienza. Un'adozione graduale e ben gestita, con software e risorse adeguati, può favorire un'implementazione efficace.

■ Fattibilità economica: alta

Le barriere economiche possono incidere in modo rilevante sull'adozione di tecnologie di simulazione ergonomica, in modo particolare per i produttori di piccole e medie dimensioni, a causa degli elevati costi iniziali per software, hardware, formazione e consulenza. Queste aziende tendono spesso a privilegiare la produttività a breve termine rispetto ai benefici ergonomici a lungo termine, che possono essere più difficili da quantificare in termini economici. Tuttavia, con pianificazione strategica, comunicazione chiara dei vantaggi a lungo termine e un'implementazione graduale, la simulazione può portare a operazioni più sicure, più efficienti e più economiche.

La piena implementazione di un gemello digitale per il controllo completo dei processi resta una sfida significativa. Richiede una **parametrizzazione estesa, integrazione tra sistemi e allineamento continuo dei dati**, con un investimento importante in termini di tempo, competenze e risorse finanziarie. Di conseguenza, le aziende dovrebbero **definire priorità alle aree di implementazione** in base al potenziale di impatto, partendo da processi ad alto consumo o ad alto rischio.

■ Fattori umani

Un fattore umano determinante nelle simulazioni ergonomiche è l'accettazione e il coinvolgimento da parte degli utenti. Lavoratori e responsabili possono opporsi agli strumenti digitali se li percepiscono come invasivi, orientati al controllo o pensati principalmente per valutare le prestazioni, piuttosto che come supporti operativi. Questo scetticismo aumenta quando tecnologie come la motion capture o la VR vengono introdotte senza una spiegazione chiara dei loro obiettivi e vantaggi. Per un'implementazione efficace non basta una comprensione di base degli strumenti e dei principi ergonomici, servono anche programmi di formazione e onboarding ben strutturati. La competenza digitale varia molto a seconda dei ruoli: operatori, ingegneri e supervisor possono avere una familiarità diversa con piattaforme avanzate, con il rischio di un'adozione disomogenea se la formazione non viene calibrata.

Un altro errore frequente è sviluppare simulazioni solo con il contributo dei team tecnici, senza coinvolgere chi svolge le attività sul campo. Questo approccio dall'alto verso il basso spesso produce modelli che trascurano le sfumature dei flussi di lavoro e le criticità reali del reparto produttivo. Stabilire processi partecipativi, in cui i lavoratori contribuiscono a progettazione, test e validazione, migliora l'accuratezza, rafforza il senso di proprietà e aumenta l'accettazione. Anche una comunicazione chiara su obiettivi, benefici e limiti delle simulazioni favorisce fiducia e collaborazione.

Infine, è necessario gestire gli aspetti etici. I dipendenti possono temere la sorveglianza, l'uso improprio dei dati personali o la perdita di autonomia quando i loro movimenti vengono registrati e analizzati. Anche interpretazioni errate dei dati possono compromettere la fiducia. Le organizzazioni devono quindi definire politiche trasparenti sull'uso dei dati, ottenere il consenso informato e garantire pratiche di sicurezza adeguate. Affrontare in modo proattivo le questioni relative alla privacy e promuovere la trasparenza crea un contesto basato sulla fiducia, in cui la tecnologia viene percepita come uno strumento di collaborazione e supporto e non come una minaccia.

5



6



Aumentare la sicurezza e la produttività dei processi produttivi minimizzando l'impatto ambientale, tramite tecniche di simulazione nei gemelli digitali

■ Fattori ambientali

I fattori ambientali influenzano anche l'accuratezza e l'utilità delle simulazioni ergonomiche. La disposizione dell'impianto deve essere modellata in modo realistico per ottenere valutazioni efficaci. Condizioni come illuminazione, temperatura, umidità e rumore possono influire significativamente sul comfort e sulle prestazioni dei lavoratori. Ambienti sfavorevoli possono aumentare lo stress, ridurre la concentrazione e amplificare i rischi ergonomici. Includere queste variabili nelle simulazioni del gemello digitale offre una visione più completa delle condizioni di lavoro.

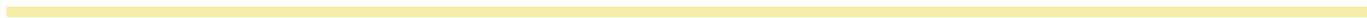
La sostenibilità è un'altra considerazione essenziale.

Anche i gemelli digitali consumano risorse: elaborazione dati, hardware e infrastrutture di supporto come i data center richiedono energia e acqua e impegnano materiali critici, contribuendo ai rifiuti elettronici. Gestire in modo efficiente l'archiviazione dei dati e applicare principi di ecodesign aiuta a ridurre l'impatto ambientale. Sono inoltre importanti le valutazioni del ciclo di vita e la conformità a regolamenti come ISO 14001 per minimizzare l'impronta complessiva dei gemelli digitali.

La connettività aggiunge ulteriori elementi di complessità. I gemelli digitali si basano su dispositivi IoT, cloud computing e analisi in tempo reale. La produzione e la manutenzione delle reti di sensori, come accelerometri, sensori termici, tag RFID, comporta costi ambientali in termini di materiali ed energia. Questi dispositivi spesso utilizzano elementi delle terre rare, batterie al litio e semiconduttori, la cui estrazione e lavorazione generano emissioni di gas serra, inquinamento idrico, rifiuti tossici e difficoltà di riciclo.

■ Allineamento a certificazioni e normative

L'implementazione di un gemello digitale in ambito manifatturiero richiede la conformità a standard chiave, tra cui ISO/IEC 27001:2022 per la sicurezza dei dati, GDPR (2016) per la privacy, NIST (2018) per la cybersecurity, ISO 14001:2015 per l'impatto ambientale, ISO 50001:2018 per la gestione energetica e ISO 45001:2018 per la sicurezza sul lavoro. Ergonomia e interoperabilità sono trattate da standard come ISO 9241 (2019), EN 1335:2020 e IEC 62264 (2013), a supporto di operazioni sostenibili, sicure ed efficienti.



Aumentare la sicurezza e la produttività dei processi produttivi minimizzando l'impatto ambientale, tramite tecniche di simulazione nei gemelli digitali



Soluzioni



Produzione centrata sulle persone

Siemens

Germania ↔

Tecnomatix è una suite completa di software per la produzione digitale sviluppata da Siemens Digital Industries Software. Consente ai produttori di pianificare, simulare e ottimizzare i processi produttivi in digitale, facilitando la trasformazione di idee innovative in prodotti concreti. Integrando dati in tempo reale provenienti da diverse discipline della produzione, aiuta a sincronizzare ingegneria di prodotto, ingegneria di produzione, esecuzione della produzione e ingegneria dei servizi, massimizzando l'efficienza complessiva.



Modellazione digitale del corpo umano nell'ergonomia virtuale

Dassault Systèmes

Francia ↔

DELMIA aiuta gli ingegneri di produzione a progettare in modo virtuale postazioni di lavoro sicure ed efficienti, evitando errori costosi nel mondo reale. Il software di ergonomia virtuale consente a progettisti e ingegneri di prevenire problemi posturali simulando l'interazione umana e il comportamento ergonomico fin dalle prime fasi della progettazione. Designer di prodotto e ingegneri di produzione possono risolvere i problemi ergonomici in anticipo, aumentando il benessere dei lavoratori, riducendo i costi degli infortuni correlati al lavoro e aumentando la produttività nel mondo reale. Inoltre, fornisce indicazioni pratiche che aiutano chi progetta il prodotto e le postazioni di lavoro, anche quando non hanno una preparazione specifica in ergonomia.



Software per la prevenzione dei rischi occupazionali basato su IA

Siali Technologies

Spagna ↔

Safe è una piattaforma che automatizza le attività EHS anticipando il rischio di incidenti per migliorare la sicurezza dei dipendenti. È uno strumento attivo per la prevenzione dei rischi. Rileva e segnala in tempo reale situazioni potenzialmente pericolose, come assenza di DPI, percorsi ostruiti, velocità eccessiva dei veicoli, così da intervenire prima che il problema diventi serio.



Gemello digitale ergonomico

Moovency

Francia ↔

KIMEA è una soluzione innovativa di gemello digitale ergonomico progettata per valutare e prevenire i disturbi muscoloscheletrici (MSD) negli ambienti di lavoro. Utilizzando telecamere con sensore di profondità, come Microsoft Kinect, KIMEA acquisisce dati scheletrici 3D dei lavoratori durante l'esecuzione delle attività. I dati vengono poi elaborati con algoritmi avanzati per correggere occlusioni e possibili imprecisioni, garantendo analisi accurate anche in contesti industriali complessi. Il sistema crea un gemello digitale dell'operatore in tempo reale, convertendo automaticamente gesti e posture in indicatori ergonomici. Questo consente un'analisi dinamica dei rischi MSD e permette alle aziende di definire priorità di intervento e strategie di prevenzione mirate.



Analisi intelligente della sicurezza

Soter

Stati Uniti ↔

SoterAI, la piattaforma AI-first che offre ai responsabili di EHS una visibilità sui rischi e capacità predittive. La piattaforma analizza in modo sicuro dati complessi e multi-fonte sulla sicurezza aziendale per identificare i rischi emergenti e prevedere potenziali incidenti prima che si verifichino. Fornisce informazioni utili per mitigare il rischio in modo proattivo, garantire la conformità su tutti i siti e ottimizzare la strategia EHS con risultati misurabili.



Soluzioni digitali cognitive per leader del settore

Cognitwins

Stati Uniti ↔

CogniTwins aiuta le aziende a sfruttare gemelli digitali cognitivi, digital thread e swarm per trasformare l'attività attuale e creare nuove linee di prodotti, soluzioni e servizi intelligenti a prova di futuro.



Gemello digitale per l'analisi del ciclo di vita degli asset industriali

Hexagon

Svezia ↔

HxGN SDx2 è una piattaforma cloud-native sviluppata da Hexagon per gestire l'intero ciclo di vita degli asset industriali. Integra visualizzazioni 2D/3D in tempo reale e dati di ingegneria e operativi, consentendo manutenzione predittiva, maggiore sicurezza e decisioni basate sui dati. Basata su Microsoft Azure, supporta ambienti di gemello digitale per efficienza industriale e sostenibilità.

**HEGO***Emoj**Italia* ➡

Body Tracker di Emoj, denominato HEGO, è un sistema non invasivo basato su IA, progettato per monitorare in tempo reale postura e movimenti dei lavoratori. Valuta i rischi ergonomici analizzando diverse posizioni e angoli del corpo, ad esempio flessioni di testa e tronco, movimenti delle braccia e angoli articolari. Il sistema calcola indici ergonomici internazionali, come REBA, RULA e OCRA, fornendo una valutazione dettagliata del rischio per i disturbi muscoloscheletrici (MSD). I dati sono consultabili tramite dashboard sia da aziende che da ergonomi, consentendo interventi proattivi e adattamenti personalizzati delle postazioni di lavoro. Pienamente conforme al GDPR, Body Tracker migliora sicurezza ed ergonomia senza ricorrere ad attrezzature invasive.

**Sustainable Manufacturing***Istituto di Tecnologie Industriali e Automazione (ITIA) - Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)**Italia* ➡

Il progetto "Sustainable Manufacturing", guidato da ITIA-CNR e con il coinvolgimento di partner di rilievo come il Politecnico di Milano e l'Università Politecnica delle Marche, mira a sviluppare tecnologie e metodologie abilitanti per la progettazione sostenibile di prodotto e fabbrica lungo l'intero ciclo di vita. Promuove l'ecodesign, l'uso efficiente delle risorse e la produzione centrata sulle persone. Le applicazioni includono formulazione di polimeri, eco-fabbriche e de-produzione. Tra le principali innovazioni figurano sistemi a elevata efficienza energetica, abbigliamento da lavoro con sensori integrati, interfacce multimodali intuitive e realtà aumentata per il monitoraggio in fabbrica. Il progetto sviluppa anche nuovi modelli di business per la manifattura circolare. Supportato da un'ampia rete di aziende, rafforza la leadership italiana nei sistemi manifatturieri sostenibili e ad alte prestazioni. Durante il progetto è stata dedicata particolare attenzione alla sperimentazione di diversi strumenti di valutazione ergonomica integrati con i gemelli digitali delle fabbriche coinvolte, per identificare potenziali applicazioni per ridurre le MSD, migliorare la progettazione dei banchi di lavoro e, più in generale, aumentare la sostenibilità industriale.

**Formazione su salute e sicurezza tramite gemello digitale***PREVU3D**Canada* ➡

Prevu3D è un software di gemello digitale che consente di visualizzare asset in 3D, monitorandone in tempo reale lo stato operativo e i dati storici. La piattaforma offre modalità di navigazione immersive, dal walk-through a viste CAD dall'alto, migliorando visibilità e allineamento tra i team. Le funzionalità avanzate di scansione 3D e di elaborazione delle mesh supportano la pianificazione della capacità e consentono di simulare modifiche al layout senza dover essere presenti fisicamente. Prevu3D consente inoltre di migliorare la formazione del personale attraverso test immersivi di scenari 3D, aiutando a dare priorità alla sicurezza e a minimizzare i rischi operativi.

Aumentare la sicurezza e la produttività dei processi produttivi minimizzando l'impatto ambientale, tramite tecniche di simulazione nei gemelli digitali



Esempi



Ford

Stati Uniti



Ergonomia e ingegneria immersiva: il lavoro nella catena di montaggio non è semplice. Produrre un veicolo ogni 60 secondi richiede molti movimenti di estensione e raggiungimento, sollevamento, trazione e spinta. Portando motion tracking e simulazione a un nuovo livello nell'ingegneria immersiva, Ford Motor Co. sta ottenendo importanti risultati grazie alle analisi ergonomiche, riducendo in modo drastico gli infortuni durante gli assemblaggi. Come vantaggio aggiuntivo, è migliorata la qualità.



Gruppo BMW

Austria



Riduzione dei consumi energetici durante il ciclo di vita dei motori delle auto con Plant Simulation: I produttori automobilistici di norma producono internamente gran parte dei componenti principali dei loro motori. Basamento, albero motore, testata e bielle vengono torniti, fresati, forati, rettificati e alesati su linee di produzione e di trasferimento sofisticate, in stabilimenti come BMW Motoren GmbH, la più grande fabbrica di motori del Gruppo BMW, situato a Steyr, Austria, a circa tre ore di auto dalla sede di Monaco di Baviera, in Germania.



Electrolux

Stati Uniti



Pianificazione 3D di fabbrica e flussi di materiale su scala globale: grazie alle possibilità di visualizzazione di Tecnomatix, è possibile mostrare ai dirigenti fasi preliminari della pianificazione, rendendo i processi immediatamente comprensibili. La tecnologia 3D aiuta a verificare i concetti di assemblaggio, selezionare i fornitori di soluzioni di automazione e fornisce informazioni approfondite che prima non erano disponibili.



KONE

Finlandia



Ricerca di uno strumento per simulazione 3D e pianificazione del layout: KONE ha deciso che era giunto il momento di adottare una soluzione che non solo supportasse pianificazione e progettazione di nuove soluzioni produttive, ma migliorasse anche la comunicazione con gli stakeholder durante le fasi di pianificazione e sviluppo.



Volkswagen

Germania



Lo strumento "virtual human" migliora l'ergonomia: un tempo ergonomia era un termine poco familiare e con scarso significato per le aziende; oggi, invece, può incidere significativamente sulla produttività. Basta immaginare cosa accade se l'ergonomia di una postazione di lavoro viene ignorata, i risultati potrebbero essere disastrosi. Ad esempio, una connessione bullonata è difficile da raggiungere per un operaio e, di conseguenza, diventa difficile serrare il bullone. La linea di assemblaggio procede a ritmo serrato e il lavoratore fatica a tenere il passo, aggravando una postura già scomoda e dolorosa. Il risultato può essere l'arresto dell'intera linea di produzione, un esito che nessuna azienda può permettersi. In alcuni casi, potrebbe persino diventare impossibile rispettare le tempistiche di consegna.



CETEM

Spagna



Il gemello digitale rileva dove migliorare la sicurezza dei mobili e propone ridisegni per nuovi prototipi: Il sistema di test per mobili basato sull'intelligenza artificiale predittiva supporterà efficienza e produttività del settore del mobile spagnolo e consentirà risparmi sui costi, ma non sostituirà i tradizionali test fisici, che restano necessari per le certificazioni di prodotto nazionali e internazionali tramite laboratori accreditati.



Università della Campania Luigi Vanvitelli

Italia



Gemello digitale per monitorare l'ergonomia nella produzione: nell'era delle fabbriche intelligenti, per l'ergonomia dei processi produttivi, il gemello digitale è un elemento chiave per sviluppare nuovi modelli di monitoraggio delle prestazioni delle attività manuali, in grado di fornire risultati quasi in tempo reale e supportare le decisioni per migliorare le condizioni di lavoro. Questo lavoro propone un quadro metodologico che, tramite l'implementazione di un gemello digitale umano, supporta il monitoraggio e il processo decisionale relativo alle prestazioni ergonomiche delle linee di produzione manuali. Viene presentato un caso di studio condotto in laboratorio per dimostrare l'applicabilità e l'efficacia del quadro proposto. I risultati mostrano come sia possibile identificare i problemi operativi di una postazione manuale e proporre e testare soluzioni di miglioramento.

**KITT4SME***Italia*

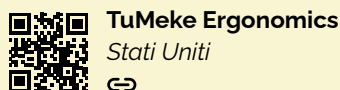
Salute, sicurezza ed ergonomia per la fabbrica del futuro, centrata sulle persone: il progetto, finanziato nell'ambito della Type-A Open Call di KITT4SME (n. 952119), ha previsto lo sviluppo di uno strumento di valutazione ergonomica basato su IA, applicato presso Salvarani, produttore di macchinari agricoli con sede a Reggio Emilia. Il sistema di IA ha analizzato in tempo reale movimenti e posture dei lavoratori, calcolando automaticamente indici di rischio ergonomico come REBA e RULA. I risultati hanno mostrato che la valutazione basata su IA non solo è risultata comparabile ai metodi tradizionali con manichini virtuali e osservazioni degli esperti, ma in alcuni casi anche più accurata e coerente. Lo strumento consente un monitoraggio continuo e non invasivo, offrendo una soluzione scalabile per migliorare l'ergonomia delle postazioni di lavoro in contesti industriali.

**Gruppo Biesse e Università Politecnica delle Marche***Italia*

Il progetto Intelligence 5.0, realizzato dall'Università Politecnica delle Marche e da Biesse (azienda leader nella produzione di macchinari per la lavorazione dei mobili), ha affrontato la crescente necessità di manutenzione predittiva e diagnostica nel settore meccatronico, sfruttando le tecnologie di Industria 4.0. Questi servizi, seppur promettenti, vengono spesso sottoutilizzati a causa della complessità, della carenza di competenze e di ritorni economici incerti. Il progetto ha sviluppato una nuova generazione di macchine "consapevoli", integrando gemello digitale, IA, Knowledge Management e Realtà Aumentata. Questi sistemi raccolgono dati in tempo reale, li elaborano tramite modelli cognitivi e suggeriscono strategie ottimali per manutenzione e produzione. Un approccio centrato sull'utente ha garantito l'allineamento con le esigenze operative reali. Risultato: maggiore affidabilità delle macchine, riduzione dei tempi di inattività e decisioni più efficaci su progettazione, funzionamento e logistica.

**Gruppo Biesse***Italia*

Gemello digitale per il settore legno-arredo: Biesse Group utilizza B_SOLID, un software di gemello digitale che simula in 3D le macchine CNC per la lavorazione del legno. Consente il test virtuale dei processi di lavorazione, prevenendo errori, ottimizzando i percorsi degli utensili e migliorando l'efficienza produttiva. Questa innovazione aumenta la qualità del prodotto, riduce gli scarti e supporta la manutenzione predittiva nel settore legno-arredo.

**TuMeke Ergonomics***Stati Uniti*

Piattaforme basate su IA per la valutazione dei rischi: la piattaforma di TuMeke, basata su IA, consente il monitoraggio in tempo reale della postura e dei movimenti sul lavoro tramite visione artificiale, identificando automaticamente i rischi ergonomici. Centralizza i dati di più siti in una dashboard unificata, eliminando incongruenze e abilitando valutazioni standardizzate. Il sistema invia avvisi istantanei su comportamenti pericolosi, come sollevamenti pericolosi non corretti o movimenti ripetitivi, consentendo interventi tempestivi. Accelera le valutazioni del rischio fino a 20 volte rispetto ai metodi tradizionali e riduce gli infortuni fino al 68%, migliorando la sicurezza sul lavoro.

**Gruppo BMW***Germania*

Simulazione umana 3D innovativa per pianificare e formare la produzione del futuro: lo stabilimento BMW Group Regensburg utilizza una tecnologia avanzata di "simulazione umana 3D", integrata nel gemello digitale della fabbrica, per pianificare con anni di anticipo la produzione della nuova generazione di veicoli NEUE KLASSE. La simulazione riproduce in modo fedele non solo l'ambiente di fabbrica e le linee di assemblaggio, ma anche i movimenti e le attività degli operatori, consentendo analisi ergonomiche e ottimizzazioni dei flussi di lavoro. Gli operatori possono essere formati in anticipo anche tramite visori VR che li immergono in un ambiente virtuale realistico, migliorando efficienza e sicurezza prima dell'inizio della produzione reale. Il progetto rappresenta un passo importante verso la fabbrica intelligente e connessa del futuro di BMW, riducendo tempi e costi di pianificazione e migliorando la qualità del lavoro umano in reparto.

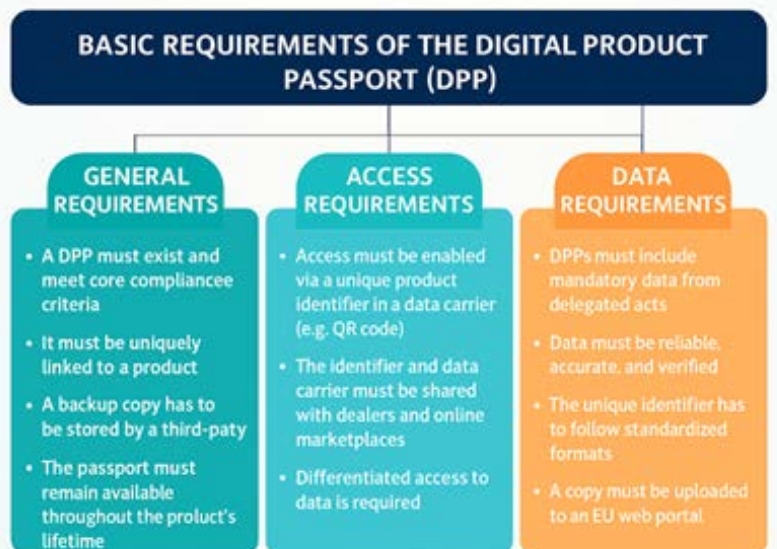
Tracciabilità del prodotto nel settore del mobile con il Passaporto Digitale del Prodotto (DPP)



1



2



Difficoltà di implementazione: **alta**

Fattibilità economica: **media**

Tracciabilità del prodotto nel settore del mobile con il Passaporto Digitale del Prodotto (DPP)



Descrizione

Per tracciabilità del prodotto si intende la capacità di tracciare origine, storia e movimentazione di un prodotto e dei suoi componenti lungo l'intera catena del valore. È un elemento chiave per la produzione sostenibile, la conformità normativa e la trasparenza verso i consumatori. In questo contesto, il Passaporto Digitale del Prodotto (DPP) si afferma come uno strumento centrale per strutturare e condividere i dati relativi al prodotto durante tutto il suo ciclo di vita.

Il DPP è un elemento cardine del Regolamento UE sull'ecodesign per prodotti sostenibili (ESPR), volto a migliorare trasparenza, circolarità e sostenibilità. Il DPP non è una tecnologia in sé, ma la sua implementazione si basa su un insieme di strumenti digitali che rendono possibile la condivisione dei dati in modo strutturato, sicuro e tempo reale.

Al centro del DPP ci sono tecnologie abilitanti che permettono di identificare in modo unifico ogni prodotto fisico e collegarlo alla relativa informazione verificata in formato digitale, tra cui:

Codici QR, codici a barre, tag RFID o NFC, che agiscono come vettori di dati integrati nel prodotto e garantiscono un accesso sicuro alla sua identità digitale;

Piattaforme basate su cloud, che gestiscono e archiviano in modo sicuro dati strutturati sul ciclo di vita;

Tecnologie blockchain, che possono garantire integrità dei dati, trasparenza e autenticazione;

Sistemi di gemello digitale, che creano una rappresentazione virtuale di ogni prodotto, fornendo informazioni su cosa sia, chi ne abbia il controllo, dove si trovi geograficamente lungo la catena di approvvigionamento e aggiornandosi in modo continuo con dati su materiali, processi e metriche di sostenibilità.

Queste tecnologie consentono la raccolta sicura e la condivisione controllata di un'ampia gamma di informazioni, ad esempio, l'approvvigionamento delle materie prime, i dettagli di produzione, l'impronta di carbonio, i contenuti riciclati, la conformità ai requisiti di sicurezza, le istruzioni di riparazione e le opzioni di fine vita.

1 DPP - Condivisione delle informazioni

Consumatori, autorità di vigilanza e attori della catena di approvvigionamento possono accedere immediatamente ai dati autorizzati tramite la scansione di un codice o l'interazione con un'interfaccia digitale.

2 DPP - Tecnologia dei codici QR

L'ESPR definisce requisiti minimi per l'implementazione del DPP, tra i quali un identificatore univoco del prodotto, interoperabilità con altri sistemi, accuratezza e

verifica dei dati e livelli di accesso differenziati. Una copia di backup deve essere archiviata in modo sicuro da un fornitore terzo affidabile e il DPP deve rimanere disponibile per tutta la vita utile del prodotto.

3 DPP - Requisiti di base in settori come quello del mobile, dove materiali e componenti spesso provengono da fonti diverse, le tecnologie abilitanti del DPP offrono un quadro solido per la gestione della tracciabilità. Facilitano la conformità alla normativa UE, tra cui il Regolamento generale sulla sicurezza dei prodotti (GPSR), il Regolamento UE sulla deforestazione (EUDR) e REACH, oltre a promuovere una progettazione più sostenibile e una comunicazione trasparente verso i consumatori.

È importante sottolineare che informazioni più dettagliate sui requisiti dei DPP dovrebbero essere pubblicate dall'UE nei prossimi mesi tramite atti delegati.

In conclusione, il DPP è reso possibile da un ecosistema tecnologico che collega i prodotti fisici alle loro identità digitali, rendendo la tracciabilità non solo fattibile, ma centrale per catene di approvvigionamento circolari, conformi e pronte per il futuro.



Applicazione

Si immagini di scansionare il codice QR di una sedia e scoprire subito da dove provengono i materiali con cui è costruita, come è stata fabbricata, qual è la sua durata prevista e come riciclarla a fine vita.

4 DPP - Applicazione nel settore del mobile

Questa è la promessa del Passaporto Digitale del Prodotto (DPP) nel settore del mobile. Progettato per migliorare sostenibilità, trasparenza e tracciabilità, il DPP sta diventando uno strumento essenziale per le aziende che adottano principi di economia circolare e una maggiore responsabilità ambientale.

5 DPP - Tracciabilità e innovazione

6 DPP - LCA e circolarità

Tracciabilità dei materiali e trasparenza della produzione

Con il DPP, ogni mobile diventa una storia documentata. È possibile risalire ai materiali provenienti da fonti gestite responsabilmente o da filiere del riciclo, rendendone visibile l'impronta ambientale. Una semplice scansione offre ai consumatori accesso a informazioni su origine, catene di approvvigionamento e dati di produzione. Rivela anche quanta CO₂ è stata generata durante la produzione e quali componenti possono essere riciclati o riutilizzati.

Tracciabilità del prodotto nel settore del mobile con il Passaporto Digitale del Prodotto (DPP)

Certificazioni, standard e conformità normativa

Il DPP può includere certificazioni pertinenti in materia di qualità del prodotto, sicurezza e prestazioni ambientali, ad esempio materiali a basse emissioni o requisiti di resistenza al fuoco. Nel contesto dell'evoluzione della normativa europea, il passaporto supporta la conformità legale, riduce i rischi e rafforza la credibilità di un'azienda nella reportistica sulla sostenibilità.

Misurazione della sostenibilità e dell'impatto ambientale

Le aziende possono utilizzare il DPP per monitorare e comunicare le prestazioni ambientali dei loro prodotti. Questo include dati su consumo energetico, emissioni di carbonio e indicatori di circolarità, come la riciclabilità o la compostabilità. Rendere visibili queste informazioni aiuta ad effettuare acquisti consapevoli e rafforza i valori ambientali del marchio.

Manutenzione, garanzia e cura del prodotto

I consumatori possono consultare in modo immediato istruzioni di manutenzione e cura, manuali d'uso e specifiche dei ricambi. Nel tempo, nel passaporto possono essere registrati anche lo storico delle riparazioni e gli interventi di manutenzione, trasformandolo in uno strumento dinamico utile anche per la manutenzione predittiva. Questo contribuisce ad allungare la vita utile del prodotto e incentiva la riparazione invece della sostituzione precoce.

Gestione a fine vita e guida per il riciclo

Il DPP fornisce istruzioni chiare per lo smontaggio e identifica i materiali, rendendo più semplice separare i componenti destinati al riciclo. Questo semplifica le operazioni di raccolta, aumenta l'efficienza del riciclo e supporta la gestione circolare delle risorse.

Supporto del design circolare e modelli di riutilizzo

Mantenendo una registrazione digitale tracciabile della vita di un prodotto, il DPP supporta modelli innovativi come leasing, programmi di riacquisto, rivendita dell'usato e ricondizionamento. Il passaporto può essere aggiornato ogni volta che un prodotto viene riparato o modificato, preservandone il valore e l'usabilità su più cicli di vita.

Coinvolgimento dei consumatori grazie a informazioni trasparenti

La trasparenza rafforza la fiducia dei consumatori. Il DPP offre accesso immediato a informazioni verificate su composizione, origine e sostenibilità del prodotto. Questo mette i clienti in condizione di fare scelte consapevoli e responsabili e favorisce un passaggio verso pattern di consumo più etici.

Ottimizzazione dell'inventario e della pianificazione della produzione

Se integrato in sistemi digitali come le piattaforme ERP, il DPP migliora il flusso di dati tra reparti. Informazioni accurate e in tempo reale su ciascun prodotto aiutano a ottimizzare l'inventario, allineare la produzione alla domanda e ridurre gli sprechi in logistica e nelle attività della catena di approvvigionamento.



Aspetti dell'implementazione

■ Difficoltà di implementazione: alta

L'implementazione del Passaporto Digitale del Prodotto (DPP) nel settore del mobile è incerta e complessa. Richiede la valutazione di diverse tecnologie (ad esempio, blockchain, ecosistemi di servizi dati), la garanzia di interoperabilità e l'integrazione del DPP nei sistemi esistenti. Ulteriori difficoltà derivano dalla struttura del settore: molte piccole e medie imprese con diversi livelli di maturità digitale e una catena di approvvigionamento altamente frammentata, con numerosi fornitori e subappaltatori. Sono inoltre indispensabili meccanismi efficaci per il controllo degli accessi, sicurezza dei dati e verifica delle informazioni.

■ Fattibilità economica: media

La fattibilità economica del DPP nel settore del mobile può essere considerata media, poiché i costi iniziali legati all'adozione di nuove tecnologie, alla formazione del personale e all'aggiornamento dei sistemi IT sono significativi, soprattutto per le PMI. Tuttavia, nel medio-lungo termine, il DPP offre chiari benefici economici: maggiore efficienza, accesso a mercati orientati alla sostenibilità, miglioramento dell'immagine del marchio e riduzione degli sprechi. Modelli collaborativi della catena di approvvigionamento e incentivi pubblici possono migliorare ulteriormente la sostenibilità economica dell'iniziativa.

■ Fattori umani

L'implementazione del Passaporto Digitale del Prodotto nel settore legno-arredo non è solo un'innovazione tecnologica, richiede una trasformazione centrata sulle persone. In questo percorso i lavoratori svolgono un ruolo centrale e la loro capacità di adattarsi, apprendere e interagire attivamente con nuovi sistemi è un fattore decisivo per il successo del DPP.

Per soddisfare queste nuove esigenze, i professionisti devono sviluppare una vasta gamma di competenze digitali, tra cui: competenza tecnologica, consapevolezza in materia di sicurezza dei dati e una solida base su

strumenti ICT, gestione dei dati e processi di documentazione digitale.

Tuttavia, la tecnologia è solo una parte della transizione. Il passaggio ai processi digitali richiede anche competenze trasversali, come adattabilità, pensiero analitico, collaborazione e comunicazione efficace, fondamentali per favorire l'allineamento tra flussi di lavoro digitali e pratiche operative reali. Un aspetto chiave per promuovere una mentalità di apprendimento continuo.

Man mano che strumenti e dei sistemi digitali evolvono, i lavoratori devono essere supportati con formazione accessibile, mentoring e iniziative di apprendimento tra pari, in modo particolare per chi è meno familiarizzato con le tecnologie digitali.

Incoraggiare l'aggiornamento costante garantisce che tutti possano partecipare con sicurezza all'innovazione, senza restare indietro.

Inoltre, è importante gestire gli aspetti emotivi e psicologici del cambiamento. La digitalizzazione può generare incertezza, resistenza o ansia, soprattutto se la trasformazione viene percepita come calata dall'alto, troppo tecnica o lontana dai fabbisogni quotidiani. Per questo è fondamentale costruire una cultura organizzativa di supporto e inclusiva. I dipendenti vanno coinvolti nel processo di transizione, ascoltati e messi nelle condizioni di avere margini di autonomia, riconoscimento e opportunità di crescita.

In definitiva, il successo del DPP non dipende solo dagli strumenti introdotti, ma anche da quanto le persone vengano formate, coinvolte e messe in condizione di utilizzarli in modo consapevole nel proprio ruolo, che evolve insieme all'organizzazione.

■ Fattori ambientali

L'introduzione del Passaporto Digitale del Prodotto nel settore legno-arredo rappresenta un passo significativo verso una maggiore sostenibilità ambientale. Questo strumento digitale consente di raccogliere, tracciare e condividere informazioni dettagliate sul ciclo di vita del

prodotto, dall'approvvigionamento delle materie prime a produzione, distribuzione, utilizzo e fine vita.

In questo contesto, i fattori ambientali assumono un ruolo centrale, poiché influenzano direttamente il modo in cui i prodotti vengono progettati, realizzati e gestiti a fine vita.

Attraverso il DPP, le aziende possono monitorare e comunicare indicatori ambientali chiave, come l'impronta di carbonio, il consumo energetico, la riciclabilità dei materiali, la presenza di sostanze chimiche pericolose e i livelli di circolarità. Questi dati non solo permettono una migliore valutazione dell'impatto ambientale del prodotto, ma incoraggiano anche pratiche più responsabili e strategie di progettazione ecologiche.

Inoltre, il DPP promuove trasparenza e responsabilizzazione lungo l'intera catena del valore, dai produttori ai consumatori, permettendo decisioni d'acquisto più informate e orientate alla sostenibilità. Migliora inoltre la gestione del fine vita, rendendo più accessibili informazioni su materiali e componenti e facilitando il riutilizzo, il riciclo o lo smaltimento corretto. Tuttavia, va valutata in modo critico anche la sostenibilità ambientale dei sistemi DPP in sé, considerando l'infrastruttura digitale, la gestione dei dati e le dipendenze hardware necessarie per implementarli.

I DPP si basano su identificatori specifici per prodotto, come tag RFID, codici QR e sensori IoT integrati, collegati a database su cloud e a sistemi informativi basati su blockchain o su architetture centralizzate. La produzione di questi identificatori e tag richiede l'uso di plastica, chip a base di silicio, antenne e, in alcuni casi, batterie. Questo solleva preoccupazioni inerenti all'uso di risorse, rifiuti elettronici e materiali tossici, soprattutto quando il DPP viene implementato su larga scala per milioni di prodotti.

Inoltre, l'infrastruttura dei dati che supporta i DPP, come server o piattaforme cloud, comporta consumi significativi di risorse, energia e acqua. I sistemi DPP basati su blockchain, pur offrendo trasparenza e immutabilità dei

5



Tracciabilità del prodotto nel settore del mobile con il Passaporto Digitale del Prodotto (DPP)

dati, sono stati criticati per l'elevata intensità energetica. Anche gli approcci basati su cloud o ibridi richiedono una trasmissione continua dei dati, archiviazione e operazioni di sicurezza, che contribuiscono all'impatto ambientale delle catene di approvvigionamento digitali.

■ Allineamento a certificazioni e normative

Nel settore del mobile, il Passaporto Digitale del Prodotto deve essere in linea con le normative UE, come il **Regolamento Ecodesign per prodotti sostenibili (ESPR)**, il **Regolamento REACH (incluse le restrizioni sul formaldeide)**, il **Regolamento generale sulla sicurezza dei prodotti (GPSR)**, il **Regolamento UE sulla deforestazione (EUDR)** e i criteri del **Green Public Procurement (GPP)**.

La **marcatrice CE** può essere applicabile in base alla tipologia del prodotto. Schemi volontari come **FSC**, **PEFC**, **UE Ecolabel** e le **EPD** supportano la trasparenza e sono particolarmente utili se integrati nel DPP per comunicare sostenibilità e conformità.

Riferimenti alla normativa UE:

- Regolamento Ecodesign per prodotti sostenibili (ESPR): ↻
- Regolamento REACH (incluse le restrizioni sul formaldeide): ↻
- Regolamento generale sulla sicurezza dei prodotti (GPSR): ↻
- Regolamento UE sulla deforestazione (EUDR): ↻
- Criterio Green Public Procurement (GPP): ↻

How the Digital Product Passport supports traceability and innovation in furniture sector



How the Digital Product Passport connects lifecycle phases and supports circularity



Tracciabilità del prodotto nel settore del mobile con il Passaporto Digitale del Prodotto (DPP)



Soluzioni



Blockchain

EZ Lab

Italia ↔

EZ Lab ha sviluppato la piattaforma Made in Block per creare passaporti digitali per prodotti di arredamento, utilizzando la tecnologia blockchain per garantire la tracciabilità e l'immutabilità dei dati lungo l'intera catena di produzione. La scansione di un codice QR sul prodotto consente di accedere a informazioni su produzione, origine delle materie prime e certificazioni di sostenibilità, garantendo trasparenza e supportando la preparazione per la futura conformità all'ESPR (Regolamento Ecodesign per prodotti sostenibili).



Codice QR

ScanTrust

Svizzera ↔

ScanTrust offre una soluzione basata sul codice QR per supportare l'implementazione del Passaporto Digitale del Prodotto. La piattaforma consente ai produttori di collegare ogni prodotto a un codice QR dinamico, sicuro e tracciabile, collegato a un profilo digitale contenente informazioni dettagliate su origine dei materiali, sostenibilità, processo produttivo, istruzioni per l'uso, riparazione, riutilizzo e riciclo.



NFC (Near Field Communication - comunicazioni di prossimità)

Smartrac (Avery Dennison)

Paesi Bassi ↔

Smartrac, parte del gruppo Avery Dennison, offre soluzioni NFC (Near Field Communication) per tracciare i prodotti e migliorare l'interazione con i consumatori. La tecnologia NFC viene utilizzata per creare esperienze personalizzate e fornire informazioni dettagliate sui prodotti, come origine, autenticità e dati sulla sostenibilità. I tag NFC permettono ai consumatori di interagire facilmente con i prodotti tramite smartphone, accedendo a contenuti esclusivi o informazioni aggiuntive semplicemente avvicinando il dispositivo al prodotto.



Piattaforma basata su cloud

WOOD.BE

Belgio ↔

WOOD.BE, in collaborazione con TripleR.io, sta sviluppando FurniPASS, un passaporto digitale del prodotto pensato per il settore del mobile. Nell'ambito dell'iniziativa belga "BBBC 2023", il progetto mira a creare un prototipo funzionante allineato ai requisiti ESPR di prossima introduzione. FurniPASS si rivolge agli stakeholder di tutta la catena del valore (produttori, riciclatori, consumatori e istituzioni) e include attività come la mappatura della catena di approvvigionamento, linee guida per l'ecodesign e test in ambiente dimostrativo. Il progetto è attivo dal 2024 a metà 2026 ↔



Gemello digitale

HARTING

Germania ↔

Sempre più ambiti della vita vengono elettrificati e i settori sono interconnessi in modo intelligente. Per raggiungere una reale neutralità climatica, le aziende devono analizzare in modo critico anche i componenti dei loro prodotti. È qui che entra in gioco HARTING: il gemello digitale è la chiave per determinare le informazioni sulla sostenibilità di un bene nel contesto della digitalizzazione. Il DPP arricchisce il gemello digitale con dati completi su ogni componente del prodotto e lo rende tracciabile.



Esempi



Tonin Casa *Italia*



Tonin Casa, marchio italiano del mobile con oltre 45 anni di esperienza, ha adottato un Passaporto Digitale del Prodotto integrato con tecnologia blockchain per aumentare trasparenza e tracciabilità. Questa iniziativa sostiene l'impegno dell'azienda per l'autenticità della manifattura Made in Italy e la prepara alle prossime normative UE in materia di sostenibilità. Durante il Salone del Mobile, prodotti come la sedia Lisa hanno mostrato l'intero percorso produttivo tramite codice QR, permettendo agli utenti di accedere a informazioni dettagliate su materiali, sicurezza e origine.



System 180 GmbH *Germania*



System 180 è un'azienda tedesca che progetta e produce arredi per spazi contemporanei di lavoro e abitativi. Nell'ambito del progetto ormai concluso "AI-supported Object Detection for Increasing Resource Efficiency" (Rilevamento degli oggetti supportato dall'IA per aumentare l'efficienza delle risorse), l'azienda ha contribuito allo sviluppo di un modello di economia circolare migliorando l'efficienza delle risorse nella produzione di mobili. Il progetto si è concentrato sull'implementazione di tecnologie di visione artificiale per rilevare e classificare i componenti dei mobili e il loro stato. Un risultato chiave è stata l'integrazione di questi dati a livello di singolo componente nel Passaporto Digitale del Prodotto, rendendo possibile una tracciabilità più accurata, un maggiore potenziale di riutilizzo e decisioni più informate lungo l'intero ciclo di vita del prodotto.



NORNORM *Danimarca*



NORNORM è un servizio di noleggio di arredi circolari, a forte componente tecnologica, che riduce gli sprechi di risorse con soluzioni adattabili alle esigenze in evoluzione degli spazi di lavoro. Il Passaporto Circolare di NORNORM utilizza codici QR applicati su ogni articolo, consentendo agli utenti di accedere alle specifiche del prodotto, ai dati sull'impronta di carbonio e allo storico d'uso; permette inoltre di segnalare eventuali problemi. Questo strumento migliora il servizio clienti tramite la gestione delle segnalazioni e supporta l'impegno dell'azienda per la circolarità grazie a un monitoraggio trasparente del ciclo di vita. ➡



AkzoNobel Protective Coatings *Paesi Bassi*



AkzoNobel Protective Coatings ha introdotto una soluzione di tracciabilità sicura per contrastare la contraffazione e migliorare la comunicazione digitale con i clienti. Ogni contenitore di vernice presenta un codice QR univoco e protetto che consente di verificare immediatamente l'autenticità del prodotto tramite smartphone. Durante la scansione, gli utenti vengono indirizzati a uno spazio digitale dedicato, dove possono consultare schede tecniche specifiche per area geografica, documenti di sicurezza e istruzioni applicative. Una dashboard centralizzata monitora le interazioni in tempo reale, offrendo informazioni su comportamento e preferenze dei clienti. Il passaggio dalla documentazione cartacea a quella digitale, non solo migliora trasparenza ed esperienza dell'utente, ma riduce anche l'impatto ambientale e supporta la conformità normativa.



Progetto EU R-evolve *Italia*

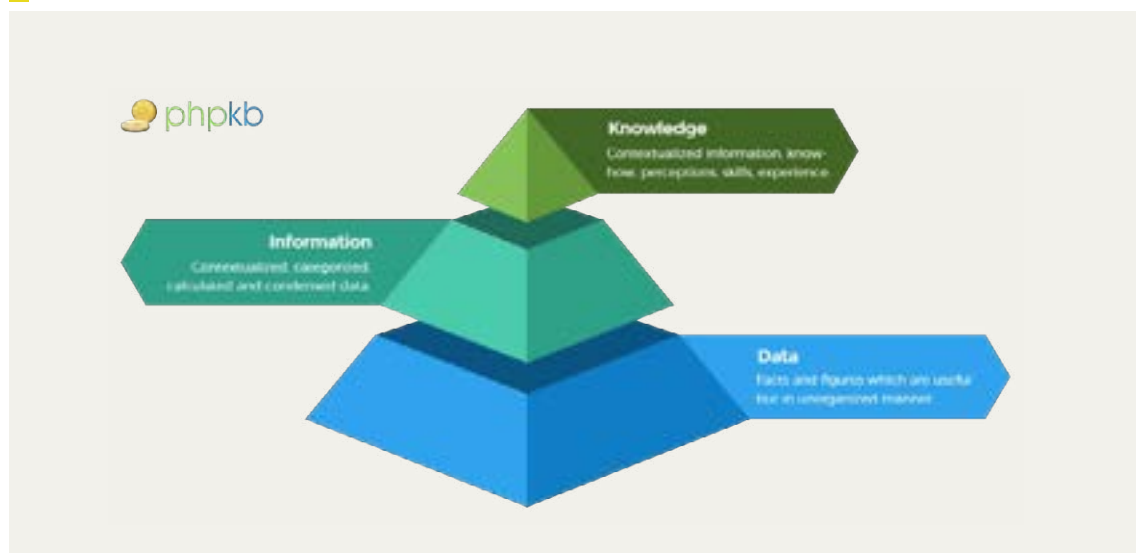


R-evolve è un progetto Horizon finanziato dall'UE che mira ad accelerare la transizione verso l'economia circolare nel settore europeo del mobile. L'iniziativa punta a integrare modelli di business circolari, design sostenibile, uso di materiali a base biologica o riciclati e strumenti digitali come il Passaporto Digitale del Prodotto. R-evolve coinvolge l'intera catena di approvvigionamento del mobile, includendo consumatori privati, aziende e pubbliche amministrazioni, e prevede l'implementazione di nove progetti pilota con produttori, rivenditori e fornitori di servizi in tutta Europa per testare le innovazioni proposte.

Per garantire un impatto duraturo, R-evolve intende sviluppare linee guida pratiche, materiali formativi e una comunità di pratica per facilitare la condivisione delle conoscenze e lo scambio di buone pratiche sulla transizione circolare tra i diversi stakeholder della catena di approvvigionamento, con il coordinamento di FederlegnoArredo.



1



Difficoltà di implementazione: **medio-bassa**

Fattibilità economica: **medio-alta**

Data Science (scienza dei dati) applicata alla produzione di mobili



Descrizione

Per Data science si intende l'analisi dei dati per estrarre conoscenze utili alle aziende per prendere decisioni basate sui dati. Oggi le aziende generano grandi quantità di dati in ogni fase del processo: dalle prime fasi di progettazione del prodotto alla produzione, fino a ogni interazione con clienti e fornitori. L'analisi di questi dati può aiutare le aziende a comprendere meglio i propri processi, migliorare le prestazioni, prendere decisioni più informate e guidare l'innovazione.

1 Percorso dai dati alla conoscenza ↔

Alcuni dei dati generati dalle aziende del settore manifatturiero del mobile includono: dati su catena di approvvigionamento, progettazione e materiali, costi di produzione, vendite e clienti. Inoltre, le tecnologie IoT possono raccogliere ulteriori informazioni in tempo reale, ad esempio dati ambientali (temperatura, livelli sonori, inquinamento o qualità dell'aria) oppure dati per il monitoraggio del processo produttivo (consumo di energia o acqua, utilizzo e stato dei macchinari, rilevazione di guasti ed errori e metriche di efficienza).

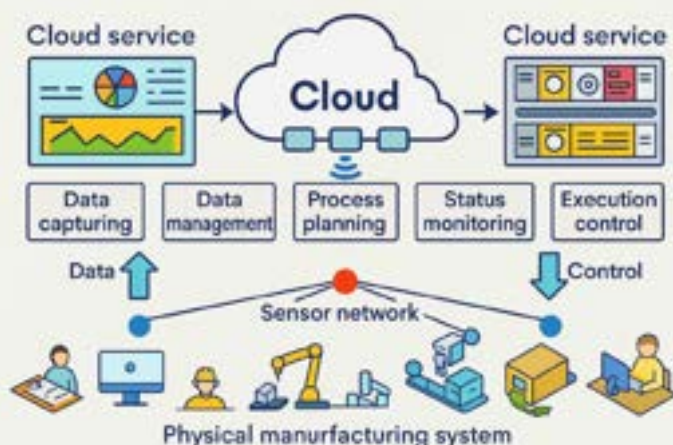
2 Architettura dei sistemi di produzione basata su cloud
Attraverso tecniche di analisi adeguate, dai dati è possibile ricavare informazioni significative. Va sottolineato che, indipendentemente dal tipo di analisi applicata, è importante garantire la qualità dei dati in ingresso, che deve rispettare le seguenti caratteristiche: accuratezza

(quanto i dati sono corretti o privi di errori), completezza (quanto i dati sono completi e correttamente compilati), affidabilità (coerenza con altre fonti attendibili), pertinenza (utilità e adeguatezza rispetto all'obiettivo) e tempestività (dati aggiornati).

Una volta garantita la qualità dei dati, la loro analisi può supportare i processi decisionali delle aziende in molti ambiti. In base al risultato desiderato, possono essere necessarie tecniche analitiche diverse, tra cui analisi statistiche, elaborazione dei dati, visualizzazione dei dati o algoritmi di intelligenza artificiale.

3 Quadro concettuale per la manifattura intelligente del mobile basata su tecnologie guidate dai big data (Fonte: autore)

Il settore manifatturiero del mobile può trarre vantaggio dall'elaborazione dei dati lungo l'intero ciclo di vita, ad esempio per progettare e sviluppare nuovi prodotti in linea con tendenze ed esigenze dei clienti, misurare l'efficacia delle campagne e comprendere meglio comportamenti e preferenze dei clienti, così da definire strategie più efficaci di coinvolgimento e fidelizzazione. L'analisi dei dati consente inoltre di prevedere offerta e domanda, abilitando una pianificazione della produzione guidata dalla domanda dei clienti e ottimizzando la logistica e il trasporto dei prodotti. Può anche supportare il controllo della qualità, garantendo la conformità del prodotto finito tramite il monitoraggio in tempo reale del processo produttivo. Applicando algoritmi di rilevamento dei guasti è possibile anticipare i malfunzionamenti dei macchinari e prevenire i fermi, abilitando la manu-



Data Science (scienza dei dati) applicata alla produzione di mobili

tenzione predittiva. Infine, i dati possono contribuire a ridurre i consumi energetici tramite algoritmi di gestione energetica, ripianificazione e ottimizzazione dei processi.

Oltre a ottimizzare operazioni e progettazione del prodotto, i dati possono essere utilizzati anche per migliorare lo sviluppo delle competenze interne tramite una **formazione basata sui dati**. Si tratta di un'applicazione strategica della data science all'interno delle organizzazioni. Analizzando le metriche di performance del personale, i dati di analisi del lavoro, i vincoli economici e il contributo degli stakeholder, le aziende possono progettare programmi formativi mirati, efficienti e coerenti con gli obiettivi aziendali. La formazione basata sui dati consente ai team dedicato allo sviluppo delle risorse umane di individuare lacune di competenze, monitorare i progressi in tempo reale e valutare l'efficacia degli interventi formativi. Non si tratta solo di contenuti migliori, ma di decisioni più intelligenti e basate su evidenze, che collegano i risultati dell'apprendimento alle performance aziendali.



Applicazione

Come indicato sopra, le tecnologie di elaborazione dei dati possono essere applicate nel settore del mobile in molti modi. Le diverse fonti di dati disponibili possono essere integrate e sfruttate tramite tecniche differenti, generando miglioramenti in più ambiti. Questi sviluppi includono:

- Applicazioni volte a **ottimizzare l'efficienza operativa del processo produttivo** attraverso il monitoraggio

basato su IoT, l'analisi dei dati e le automazioni. Queste tecnologie possono essere utilizzate per una supervisione continua e dettagliata dei processi produttivi, il rilevamento di comportamenti anomali, il rafforzamento della cybersecurity industriale e la definizione di strategie di manutenzione predittiva per minimizzare i tempi di inattività, aumentare produttività e qualità e contenere i costi di manutenzione e gli sprechi.

4 Tipologie di manutenzione (Fonte:)

- Applicazioni per l'ottimizzazione della **catena di approvvigionamento di produzione e distribuzione**. La previsione delle vendite è fondamentale per anticipare la domanda dei clienti finali e dei clienti commerciali. L'analisi dei dati consente di identificare i prodotti più venduti, le tendenze di mercato e il comportamento dei clienti per stimare la domanda futura. È anche possibile analizzare le informazioni provenienti dai sistemi ERP e dalle politiche di vendita per identificare le tendenze della clientela. Affinché le previsioni siano accurate, è necessaria la collaborazione tra i team vendite, marketing, operazioni e logistica. Una volta ottenute, le previsioni possono essere utilizzate per ottimizzare le scorte, evitando sia carenze che eccessi di inventario, e per ridurre i costi di produzione. In combinazione con applicazioni di manutenzione predittiva degli impianti e con il controllo qualità, è possibile individuare in anticipo potenziali problemi per **evitare ritardi**. Allo stesso modo, se integrate con algoritmi di ottimizzazione dei percorsi, queste soluzioni aiutano a ottimizzare **logistica e consegne**, riducendo i costi di trasporto e distribuzione.

5 Pianificazione della catena di approvvigionamento tramite analisi predittive

- Applicazioni relative alla **sostenibilità e alla riduzione degli sprechi**, che includono l'elaborazione dei dati per valutare automaticamente l'impatto ambientale associa-

3



to alle diverse fasi del ciclo di vita dei prodotti o alla loro impronta di carbonio. Possono includere anche l'analisi dei pattern di generazione degli scarti, identificando opportunità per ridurre i rifiuti e aumentare il riciclo.

- Applicazioni per il **controllo qualità e l'ispezione**, basate su dati di immagini e sensori, elaborati tramite algoritmi di Machine Learning (ML). Queste tecnologie possono rilevare automaticamente irregolarità e difetti, garantendo la qualità del prodotto prima della distribuzione.

6 Schema del sistema di rilevamento dei difetti

- Applicazioni relative a **progettazione e prototipazione**. Gli **algoritmi di progettazione generativa** possono aiutare i designer nella generazione di molteplici alternative basate su istruzioni e regole definite, offrendo nuovi approcci alla modellazione. Le tecnologie permettono anche di generare nuovi progetti basati su quelli precedenti, ispirandosi alla natura, utilizzando geometrie complesse o modellando prodotti personalizzati. Possono fornire un'ampia gamma di risultati e permettono di modificare parametri come materiali, dimensioni o funzionalità.
- Applicazioni per il **marketing e il miglioramento dell'esperienza cliente**. L'analisi dei dati può essere applicata ai profili dei clienti per formulare raccomandazioni personalizzate sui prodotti, adattare le campagne di marketing e, più in generale, migliorare il servizio clienti. Le tecnologie di elaborazione del linguaggio naturale (NLP) e i chatbot offrono la possibilità di fornire assistenza clienti 24 ore su 24, 7 giorni su 7.



Aspetti dell'implementazione

■ Difficoltà di implementazione: medio-bassa

Data l'ampiezza delle soluzioni legate all'elaborazione dei dati in ambito manifatturiero, è difficile valutarne la difficoltà di implementazione. Nel complesso, esistono tecnologie consolidate che offrono soluzioni efficaci per migliorare diversi aspetti del processo con un livello di complessità contenuto. Se la soluzione include algoritmi di intelligenza artificiale, una delle principali difficoltà consiste nel disporre di dati sufficienti e soprattutto accurati per l'addestramento degli algoritmi.

■ Fattibilità economica: medio-alta

I costi di implementazione dipendono dalle licenze software, dai costi di sviluppo o personalizzazione e, in particolare, dai requisiti hardware, che possono variare da dispositivi IoT a basso costo fino a robotica o macchinari automatizzati. In ogni caso è opportuno effettuare un'analisi di fattibilità economica per stimare i benefici e le riduzioni dei costi ottenibili (ad esempio, grazie all'ottimizzazione della manutenzione, alla riduzione delle scorte, ecc.) e calcolare il ritorno dell'investimento dell'implementazione.

■ Fattori umani

Le tecnologie di elaborazione dei dati possono suscitare alcune preoccupazioni tra i lavoratori, come il timore di perdere il posto di lavoro e questioni legate alla privacy. I lavoratori possono percepire che tecnologie come l'automazione o l'intelligenza artificiale mettano a rischio l'occupazione. Tuttavia, queste soluzioni pos-



sono anche creare nuove opportunità professionali, ad esempio nella conduzione e manutenzione dei nuovi impianti, oppure nell'interpretazione dei dati e nell'uso dell'analisi dei dati. Per garantire una transizione efficace, è fondamentale comunicare in modo proattivo che questi strumenti sono progettati per supportare, e non per sostituire, le competenze umane. Programmi di formazione mirati aiutano i lavoratori ad adattarsi ai nuovi ruoli e a ridurre l'impatto di eventuali riconversioni.

Per quanto riguarda la privacy, l'uso dell'analisi dei dati comporta la raccolta e l'elaborazione di grandi quantità di dati, che possono anche includere informazioni personali dei lavoratori. È quindi essenziale garantire una gestione etica dei dati e il rispetto delle normative sulla privacy. Ai fini dell'accettazione, è utile chiarire quali informazioni vengono raccolte, come saranno utilizzate e con quale finalità. Trasparenza, consenso informato e conformità al GDPR sono pilastri indispensabili di una corretta governance dei dati.

Allo stesso tempo, le tecnologie di elaborazione dei dati possono anche migliorare le condizioni di lavoro, aumentando la sicurezza grazie alla previsione di potenziali rischi e alla prevenzione di infortuni tramite il monitoraggio degli impianti. Possono inoltre migliorare l'ergonomia e ridurre lo sforzo fisico, automatizzando o ottimizzando attività ad alto rischio o ripetitive.

In sintesi, il successo nell'adozione di tecnologie di elaborazione dei dati dipende non solo dall'implementazione tecnica, ma anche dalla costruzione della fiducia nelle soluzioni digitali, dalla tutela dei diritti dei lavoratori e dall'integrazione di un approccio realmente centrato sulle persone in sistemi e flussi di lavoro.

Fattori ambientali

Esistono diversi fattori ambientali che favoriscono l'adozione delle tecnologie di elaborazione dei dati nel settore.

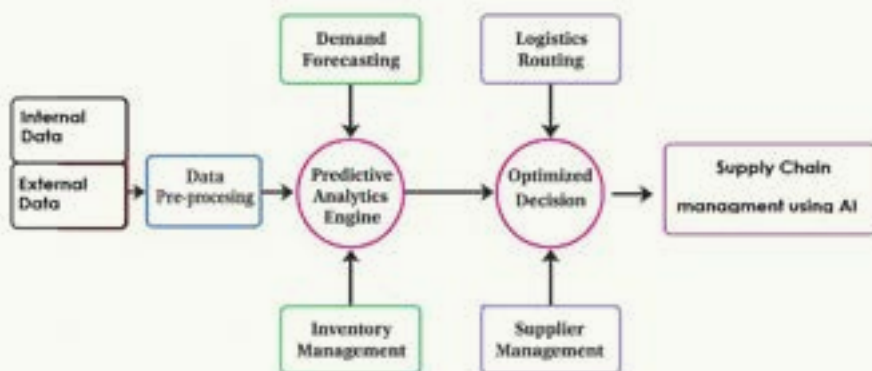
Ad esempio, queste tecnologie possono migliorare l'efficienza nell'uso delle risorse. Le soluzioni di elaborazione dei dati consentono di ottimizzare l'impiego dei materiali, ridurre gli sprechi e minimizzare l'impronta di carbonio dei processi produttivi. L'analisi dei dati di produzione permette di identificare le aree in cui le risorse possono essere utilizzate in modo più efficiente. Inoltre, il monitoraggio di macchinari e impianti di produzione consente una gestione più accurata dei consumi energetici, migliorandone l'efficienza e riducendo le emissioni di gas a effetto serra.

Queste tecnologie supportano anche l'implementazione dell'ecodesign, valutando l'impatto dei diversi processi lungo l'intero ciclo di vita di prodotti e materiali, e favoriscono l'applicazione dei principi di economia circolare, monitorandoli lungo tutta la catena di approvvigionamento e facilitandone riciclo e ricondizionamento. Anche la gestione dei rifiuti può essere gestita in modo più efficace attraverso l'identificazione delle fonti e delle tipologie degli scarti generati, con conseguente ottimizzazione delle attività di riciclo e smaltimento.

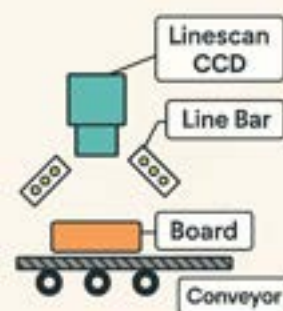
Infine, le tecnologie di elaborazione dei dati possono aiutare i produttori a rispettare le normative ambientali, semplificando e automatizzando la generazione di report relativi a metriche e indicatori ambientali, e supportando i processi di certificazione ambientale e il rispetto degli standard del settore.

Tuttavia, alla base dell'elaborazione dei dati esiste un'infrastruttura fisica composta da server, dispositivi di archiviazione, apparecchiature di rete e sistemi di raffreddamento, per lo più situati in data center centralizzati o edge. Queste infrastrutture richiedono quantità rilevanti di energia elettrica e acqua, non solo per svolgere i calcoli, ma anche per il raffreddamento e per garantire ridondanza e continuità operativa. Anche la fase di pro-

5



6



duzione dell'hardware comporta un costo ambientale significativo, legato all'estrazione e alla raffinazione dei materiali utilizzati (metalli, terre rare, ecc.) e alla produzione dei componenti (elettronici, ecc.). Inoltre, i rapidi cicli di obsolescenza nell'hardware IT, spesso nell'ordine di 3-5 anni, aggravano la produzione di rifiuti elettronici, che in molti casi non vengono riciclati correttamente a causa della complessità dei dispositivi.

Tra le applicazioni più energivore rientrano l'IA e il machine learning, ma un'area di impatto crescente è costituita anche da archiviazione e ridondanza dei dati. Le informazioni memorizzate ma non utilizzate aumentano il carico dei server e il consumo energetico senza generare un valore reale.

■ Allineamento a certificazioni e normative

Allineamento a certificazioni e normative

Esistono diverse normative e certificazioni applicabili al settore manifatturiero del mobile che possono essere collegate alle tecnologie di elaborazione dei dati. Ad esempio:

- Possono aiutare i produttori a rispettare la conformità a certificazioni e regolamenti ambientali come il Regolamento UE sui prodotti sostenibili (ESPR ) e a generare Passaporti Digitali del Prodotto
- Nel trattamento dei dati di clienti o lavoratori è necessario considerare il Regolamento generale sulla protezione dei dati (GDPR ).
- Gli standard di cybersecurity sono fondamentali per garantire l'integrità dei dati e a prevenire violazioni della sicurezza. (Serie di standard ISA/IEC 62443 - ISA ) (Direttiva NIS2, che introduce nuove regole sulla cybersecurity delle reti e dei sistemi informativi | Plasmare il futuro digitale dell'Europa ) (Legge sulla ciberresilienza | Plasmare il futuro digitale dell'Europa ).



Soluzioni



Manutenzione predittiva dei macchinari industriali

DRIBIA

Spagna ↔

Sistema basato su machine learning per il rilevamento di comportamenti anomali dei macchinari, con l'obiettivo di aumentare la produttività, ridurre gli sprechi, migliorare la qualità del prodotto e ridurre i tempi e i costi associati a riparazioni, manutenzione, interruzioni e fermi impianto. Il sistema è in grado di identificare condizioni non ottimali o che possono causare l'arresto dei macchinari.



Sistema di gestione del magazzino (WMS)

TESY software

Italia ↔

TLog è un software WMS che gestisce tutte le principali entità dell'ambiente di magazzino. Monitora accettazione, carico e consegna dei prodotti, migliora le performance della gestione del magazzino con un'etichettatura intelligente di prodotti e ubicazioni, gestisce le priorità, accelera i processi e massimizza l'efficienza degli operatori grazie alla guida nelle attività di prelievo dei materiali.



Ottimizzazione della catena di approvvigionamento

AIMMS

Paesi Bassi ↔

L'applicazione SC Navigator per la progettazione della rete di approvvigionamento consente di visualizzare la catena di approvvigionamento attuale, ottimizzare i flussi e simulare scenari considerando variazioni della domanda, discontinuità nelle sedi e cambiamenti delle modalità di trasporto. Lo strumento mira a ottimizzare i costi, i livelli di servizio e l'impronta di carbonio.



Produzione on-demand e automazione della catena di approvvigionamento

Lectra

Francia ↔

Lectra offre Furniture On Demand, una soluzione end-to-end per automatizzare la produzione e i processi della catena di approvvigionamento nel settore del mobile. La piattaforma connette i componenti della sala di taglio, automatizza i flussi di lavoro e consente decisioni basate sui dati per aumentare efficienza e crescita. Supporta personalizzazione e sostenibilità ottimizzando l'uso dei materiali e consentendo una produzione flessibile su richiesta.



Pre-elaborazione dei dati e interconnessione in tempo reale

Node-RED / Flowfuse

Stati Uniti ↔

Node-RED / Flowfuse affronta le principali sfide IoT industriali fornendo un ambiente visivo basato sul flusso che semplifica l'integrazione, la gestione e l'automazione dei dispositivi connessi. Consente la raccolta dei dati da sensori eterogenei, analisi in tempo reale in edge, traduzione dei protocolli e connettività su cloud sicura, accelerando lo sviluppo di soluzioni scalabili e passibili di manutenzione.



Formazione basata sui dati per l'apprendimento personalizzato

Rapl

Stati Uniti ↔

Rapl è una piattaforma di formazione basata sui dati progettata per accelerare lo sviluppo delle competenze attraverso percorsi di apprendimento personalizzati e basati sulle prestazioni. Sfruttando algoritmi e analisi, identifica le lacune di competenze e propone contenuti mirati in base alle esigenze individuali. I responsabili di formazione e sviluppo possono monitorare in tempo reale i progressi dei partecipanti e intervenire in modo puntuale. Rapl trasforma la formazione aziendale da presentazioni passive in esperienze dinamiche e misurabili. Il risultato consiste in un'acquisizione più rapida delle competenze, prestazioni migliorate e team pronti per le esigenze future.



Esempi

**SIMON**
Spagna

GOIA è uno strumento su misura per la previsione della domanda dei clienti. Combina la previsione con l'IA e utilizza strumenti "analyst in the loop" per considerare l'esperienza e le capacità di giudizio degli operatori. Questo migliora la qualità e l'affidabilità dei risultati, oltre alla capacità di adattarsi a situazioni impreviste.

**Blum**
Austria

Blum produce sistemi di cerniera, meccanismi di sollevamento e sistemi di scorrimento, oltre ai relativi utensili di montaggio, per l'industria della produzione dei mobili e della falegnameria. Craftsman ha sviluppato un'infrastruttura Big Data per diversi casi d'uso in ambito di analisi predittiva e assicurazione della qualità, a supporto di un processo decisionale più solido e basato sui dati, della pianificazione della produzione e di informazioni utili per la catena di approvvigionamento.

**ABI Mouldings**
Canada

La soluzione di gestione delle scorte MRPeasy ha aiutato ABI Mouldings a gestire un aumento di circa il 75% del volume di produzione nell'arco di circa due anni. L'app si è rivelata un supporto cruciale per la gestione della catena di approvvigionamento, degli ordini e del magazzino, oltre che per la pianificazione della produzione.

**IKEA**
Svezia

IKEA Kreativ utilizza IA e calcolo spaziale per trasformare le foto degli utenti in modelli 3D di stanze modificabili. Consente la visualizzazione personalizzata dei prodotti, supporta il design generativo per la progettazione degli interni e migliora l'esperienza del cliente e l'efficacia del marketing, riducendo gli sprechi derivanti dalla prototipazione fisica e allineandosi alle tendenze della personalizzazione digitale.

**Unilin (+ Robovision)**
Belgio

Unilin Group utilizza sistemi di visione basati su IA per rilevare difetti impercettibili su lastre laminate ad alta velocità (100/min), automatizzando il controllo qualità, aumentando la resa e migliorando l'efficienza. I modelli di deep learning migliorano continuamente apprendendo da nuovi dati su difetti e pattern, sono facilmente riaddestrabili e supportano un'implementazione scalabile su prodotti e linee diverse.

**Amcor**
Svizzera

Amcor, leader globale nello sviluppo e nella produzione di packaging responsabile, raccoglieva già molti dati dai suoi 23 stabilimenti con un sistema SCADA tradizionale. Tuttavia, la scarsa visibilità, la mancanza di standardizzazione e l'assenza di automazione impedivano di ottenere un valore sufficiente da questi dati. Per migliorare le performance delle linee, Amcor ha realizzato una suite MES (Manufacturing Execution System) in edge basata su AVEVA System Platform, consentendo ai team di misurare e monitorare in modo coerente i dati di produzione. È un ottimo esempio di come valorizzare i dati raccolti trasformandoli in approfondimenti significativi.



Difficoltà di implementazione: **medio-bassa**Fattibilità economica: **medio-alta**

Interoperabilità uomo-macchina



Descrizione

La digitalizzazione del settore manifatturiero coinvolge tecnologie come l'Internet delle Cose (IoT), l'Intelligenza Artificiale (IA) e i Big Data. Affinché le aziende possano sfruttare appieno le opportunità offerte da queste tecnologie, è necessario implementare interfacce agili e di facile utilizzo.

1 *Schermi touch per la produzione. Autore: Leif Juergensen | Crediti: Leif Juergensen Copyright: Leif Juergensen.*

L'implementazione della digitalizzazione presenta diverse sfide:

- **Connettività:** l'ambiente include fonti di dati eterogenee, tra cui dispositivi, macchinari o sistemi legacy. Di conseguenza, è necessario integrare protocolli e formati diversi per garantire l'interoperabilità. Per affrontare questa sfida, svolgono un ruolo fondamentale gli standard di interoperabilità e le tecnologie abilitanti come OPC UA (Unified Architecture), MQTT, LwM2M e REST API.
- **Costi:** la trasformazione digitale richiede importanti investimenti iniziali in tecnologie, licenze software, infrastrutture, attività di sviluppo e personale specializzato.
- **Scalabilità:** i sistemi digitali devono poter gestire richieste crescenti, in termini di requisiti, volume dei dati o carichi di elaborazione.
- **Interazione con le persone:** le HMI e le tecnologie di visualizzazione sono fondamentali nella trasformazione digitale, perché costituiscono il punto di contatto tra utenti e tecnologia. L'affidabilità delle HMI deve essere garantita (tramite ridondanza, meccanismi fail-safe e principi di progettazione UI/UX) per assicurare interazioni coerenti e prive di errori nei flussi di lavoro critici.
- **Cybersecurity:** man mano che i sistemi diventano sempre più interconnessi, aumentano l'esposizione a violazioni dei dati, accessi non autorizzati o interruzioni del sistema. Standard di cybersecurity (come ISA/IEC 62443 (Serie di standard ISA/IEC 62443 - ISA ), la Direttiva NIS2 (Direttiva NIS2: nuove regole per la cybersecurity dei sistemi di rete e informatici | Plasmare il futuro digitale dell'Europa ) , oppure la Legge sulla ciberresilienza (Legge sulla ciberresilienza | Plasmare il futuro  digitale dell'Europa)) aiutano a mitigare questi rischi e a proteggere dati e sistemi.

Su quest'ultimo punto, Industria 5.0, che si basa su tecnologie di digitalizzazione, presenta un approccio più centrato sulle persone, fondato su tre pilastri: sicurezza,

affidabilità e progettazione centrata sull'essere umano. L'obiettivo è facilitare la collaborazione intelligente tra persone e macchine, combinando l'intelligenza e la creatività umane con macchine efficienti, intelligenti e precise.

2 I pilastri di Industria 5.0

Secondo l'Unione europea, Industria 5.0 "offre una visione dell'industria che va oltre efficienza e produttività come unici obiettivi e rafforza il ruolo e il contributo dell'industria alla società". Inoltre, "pone il benessere del lavoratore al centro del processo produttivo e utilizza nuove tecnologie per generare prosperità oltre a lavoro e crescita, nel rispetto dei limiti delle risorse del pianeta".

In relazione alle HMI e all'interoperabilità tra persone e tecnologie, le interfacce devono essere progettate per essere intuitive e facili da usare. Gli operatori devono poter interagire senza attriti con sistemi sempre più complessi. L'esperienza utente (UX) e i design basati sull'utente (UCD) mettono le persone al centro della progettazione dell'interfaccia. Ad esempio, framework UX agili consentono di apportare rapidamente modifiche al design sulla base del feedback degli utenti, coinvolgendo gli operatori già nella fase di progettazione della HMI. Questi approcci centrati sugli operatori riducono la curva di apprendimento, diminuiscono i tempi di formazione e aumentano la produttività.

Nel monitoraggio e nel controllo dei processi produttivi, le HMI forniscono agli operatori informazioni in tempo reale sul funzionamento di macchine, linee di produzione o sistemi. I software di visualizzazione garantiscono che tutti i dati raccolti vengano presentati in modo chiaro, completo e utilizzabile. Queste interfacce visive possono incorporare algoritmi di IA per assistere gli operatori nei processi decisionali, analizzando grandi volumi di dati e generando informazioni che, combinate con l'esperienza degli operatori, permettono di prendere le decisioni finali.

3 *Interazione uomo-macchina: programmazione del comportamento dei robot*

Infine, per quanto riguarda la progettazione ergonomica delle interfacce, finalizzata a garantire il comfort e la sicurezza dei lavoratori, è disponibile una vasta gamma di interfacce fisiche in grado di ridurre l'affaticamento, come schermi touch, comandi vocali e controlli gestuali. Queste tecnologie favoriscono anche accessibilità e inclusione, perché possono adattarsi a utenti con disabilità visive, motorie o uditive, garantendo un accesso paritario ai sistemi digitali.



Applicazione

L'adozione di piattaforme di visualizzazione e HMI adeguate può migliorare l'efficienza, la sicurezza e la produttività dei processi produttivi.

Progettazione collaborativa

Nel contesto di Industria 5.0 e dell'interazione uomo-macchina, la progettazione collaborativa svolge un ruolo chiave nello sviluppo di HMI intuitive ed efficienti. Questo approccio prevede che più figure lavorino insieme in tempo reale per co-progettare interfacce funzionali, ergonomiche e in linea con le esigenze degli utenti. Condividendo competenze e feedback durante tutto il processo di progettazione, i team possono garantire che i sistemi risultanti supportino produttività, sicurezza e soddisfazione degli utenti.

4 *HMI per la progettazione collaborativa* ➔ *Fonte, autore e crediti: rawpixel* ➔ *Dettagli della licenza* ➔

Monitoraggio in tempo reale e storico

Durante il processo produttivo, le HMI possono ridurre i tempi di inattività e ottimizzare l'efficienza produttiva. Nei casi in cui è fondamentale contenere la latenza, l'integrazione di tecnologie di edge computing consente di prendere decisioni più rapide. Queste soluzioni permettono la visualizzazione dei dati in tempo reale, ad esempio monitorando le prestazioni dei macchinari o seguendo gli indicatori di produzione, e il controllo dei macchinari, ad esempio, regolando le impostazioni quando necessario. La visualizzazione dei dati rilevanti, raccolti dai sistemi di monitoraggio e rielaborati da algoritmi di analisi dei dati, se presentata agli operatori in modo chiaro e facilmente utilizzabile, consente di seguire correttamente il processo produttivo, intervenire sulla base delle informazioni disponibili e prendere decisioni consapevoli. Queste informazioni possono essere utilizzate per:

- Migliorare l'efficienza del processo produttivo.
- Ridurre gli scarti generati durante la produzione.
- Svolgere controlli qualità e rilevare difetti

nelle fasi iniziali del processo.


- Identificare i colli di bottiglia e ottimizzare i flussi produttivi, aumentando l'efficienza operativa e riducendo i tempi di inattività.
- Monitorare e gestire i consumi energetici, contribuendo a pratiche produttive più sostenibili e riducendo l'impronta di carbonio delle attività.
- Eseguire interventi di manutenzione da remoto sulla base di allarmi e segnalazioni, integrando strumenti di chat e funzioni di condivisione dello schermo per favorire la collaborazione tra operatori in loco e tecnici da remoto e risolvere i problemi rapidamente.

Collaborazione uomo-robot

Le HMI facilitano la collaborazione tra persone e robot (Collaborazione uomo-robot, HRC) mettendo a disposizione interfacce che consentono agli operatori di programmare e controllare facilmente i sistemi robotici. L'obiettivo non è sostituire i lavoratori, ma valorizzare cooperazione e complementarità, sfruttando i rispettivi punti di forza. Da un lato, le persone possono applicare l'esperienza maturata sul campo, reagire a problemi imprevisti e prendere decisioni anche quando le informazioni sono incomplete o ambigue. Sul piano operativo, sono in grado di svolgere attività manuali complesse e precise, così come quelle che richiedono competenze artigianali. Dall'altro lato, robot e macchine possono gestire compiti gravosi, lavorare in continuo ed eseguire attività ripetitive con qualità costante. Inoltre, possono operare in ambienti pericolosi, ad esempio in presenza di sostanze tossiche o a temperature estreme. Tuttavia, l'HRC comporta diverse criticità, in particolare in termini di sicurezza ed ergonomia. Quando persone e robot condividono lo stesso spazio, è indispensabile garantire un'interazione sicura attraverso il monitoraggio delle posizioni, la prevenzione delle collisioni, gli arresti di emergenza e le misure di protezione. Inoltre, è necessario progettare interfacce intuitive ed ergonomiche, per ridurre l'affaticamento, contenere i rischi e migliorare il comfort dell'utente.

5 *Dipendenze nella collaborazione uomo-robot.* *Dettagli della licenza* ➔ *Autori: Jeshwitha Jesus Raja, Meenakshi Manjunath, Philipp Kranz, Fabian*



Schirmer, Marian Daun. Copyright: Copyright © 2023 degli autori. Uso consentito con licenza Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) 

Formazione e sviluppo delle competenze

HMI intuitive riducono la curva di apprendimento e semplificano, per i nuovi operatori, l'utilizzo di macchinari complessi tramite schermi touch interattivi, supporti visivi e istruzioni passo-passo. Inoltre, possono includere tutorial interattivi e simulazioni che offrono un'esperienza formativa pratica. È possibile predisporre ambienti virtuali per esercitarsi prima di operare sulle attrezzature reali, aumentando la fiducia degli operatori. Le HMI possono anche monitorare le prestazioni degli operatori durante la formazione, identificando le aree che richiedono ulteriore sviluppo.

6 *Simulazione in realtà virtuale*



Aspetti dell'implementazione

■ Difficoltà di implementazione: medio-bassa

La difficoltà di implementazione delle HMI nel settore del mobile è bassa se si considerano soluzioni già disponibili sul mercato, pensate per offrire interfacce intuitive con cui gli operatori possono controllare macchinari complessi. Per applicazioni più vicine a Industria 5.0, tuttavia, restano ancora diverse sfide: maturità tecnologica e costi di implementazione, progettazione di prodotti e processi centrata sulla persona, livello attuale delle competenze dei lavoratori o problematiche di sicurezza derivanti dalla personalizzazione delle analisi HMI e dall'aumento della raccolta dati.

■ Fattibilità economica: medio-alta

La fattibilità economica dello sviluppo delle HMI nel settore del mobile dipende dal tipo di soluzione e dagli investimenti necessari, che possono variare notevolmente, soprattutto se è previsto l'acquisto di nuovi componenti hardware. Tuttavia, le nuove soluzioni HMI possono migliorare la produttività e l'efficienza del processo produttivo, contribuendo a compensare i costi iniziali. Per questo motivo, la decisione richiede una pianificazione finanziaria accurata e un'analisi del ritorno dell'investimento.

■ Fattori umani

Uno dei principi cardine di Industria 5.0 è mettere le persone al centro del progresso tecnologico, attraverso interfacce intuitive, monitoraggio assistito e migliori condizioni ergonomiche, del comfort e della sicurezza. Le Interfacce uomo-macchina (HMI) offrono diversi vantaggi, perché rendono l'ambiente di lavoro più accessibile e meno gravoso. Facilitano l'inserimento di nuove risorse, riducono la curva di apprendimento e supportano il reclutamento di talenti con competenze digitali. Il personale già presente può migliorare le proprie competenze tramite la formazione su interfacce digitali, interpretazione dei dati e collaborazione con sistemi automatizzati.

Sebbene possano emergere timori legati all'introduzione della robotica e di nuovi macchinari, l'obiettivo di Industria 5.0 non è la sostituzione del personale, ma una collaborazione efficace tra capacità umane e precisione delle macchine. Questa sinergia permette alle organizzazioni di combinare creatività e capacità di giudizio con la costanza e la rapidità dell'automazione, ottimizzando le operazioni e contribuendo a contesti produttivi sostenibili e realmente centrati sulle persone.



■ Fattori ambientali

Nel settore del mobile, le HMI offrono benefici ambientali. Permettono di ottimizzare l'uso dei macchinari, riducendo il consumo energetico e l'impronta di carbonio; inoltre migliorano precisione, controllo e gestione della manutenzione, con effetti positivi sulla riduzione degli scarti. La raccolta e l'analisi dei dati aiutano anche a monitorare gli impatti e a dimostrare la conformità alle normative. Nel complesso, queste pratiche supportano una produzione più sostenibile e responsabile.

Restano però alcune criticità. L'hardware delle HMI include display, sensori, processori, telecamere e, in alcuni casi, dispositivi biometrici o neurali. Questi componenti richiedono elementi delle terre rare, metalli preziosi e polimeri tecnici, la cui estrazione comporta elevati consumi energetici, emissioni inquinanti e difficoltà di riciclo. Anche la produzione può essere molto impattante, perché spesso richiede camere bianche, lavorazioni di precisione e circuiti multistrato, con un uso intensivo di risorse. All'aumentare della complessità delle HMI, diventano più difficili la riparazione, il riutilizzo e il riciclo.

Dal punto di vista operativo, il consumo energetico delle HMI è in genere contenuto rispetto ai data center o alla robotica, ma l'integrazione in sistemi sempre attivi comporta consumi continui in standby. Inoltre, le HMI basate su voce e visione possono dipendere da elaborazioni in tempo reale e dall'IA basata su cloud, collegando quindi l'impronta ambientale anche a infrastrutture esterne come i data center.

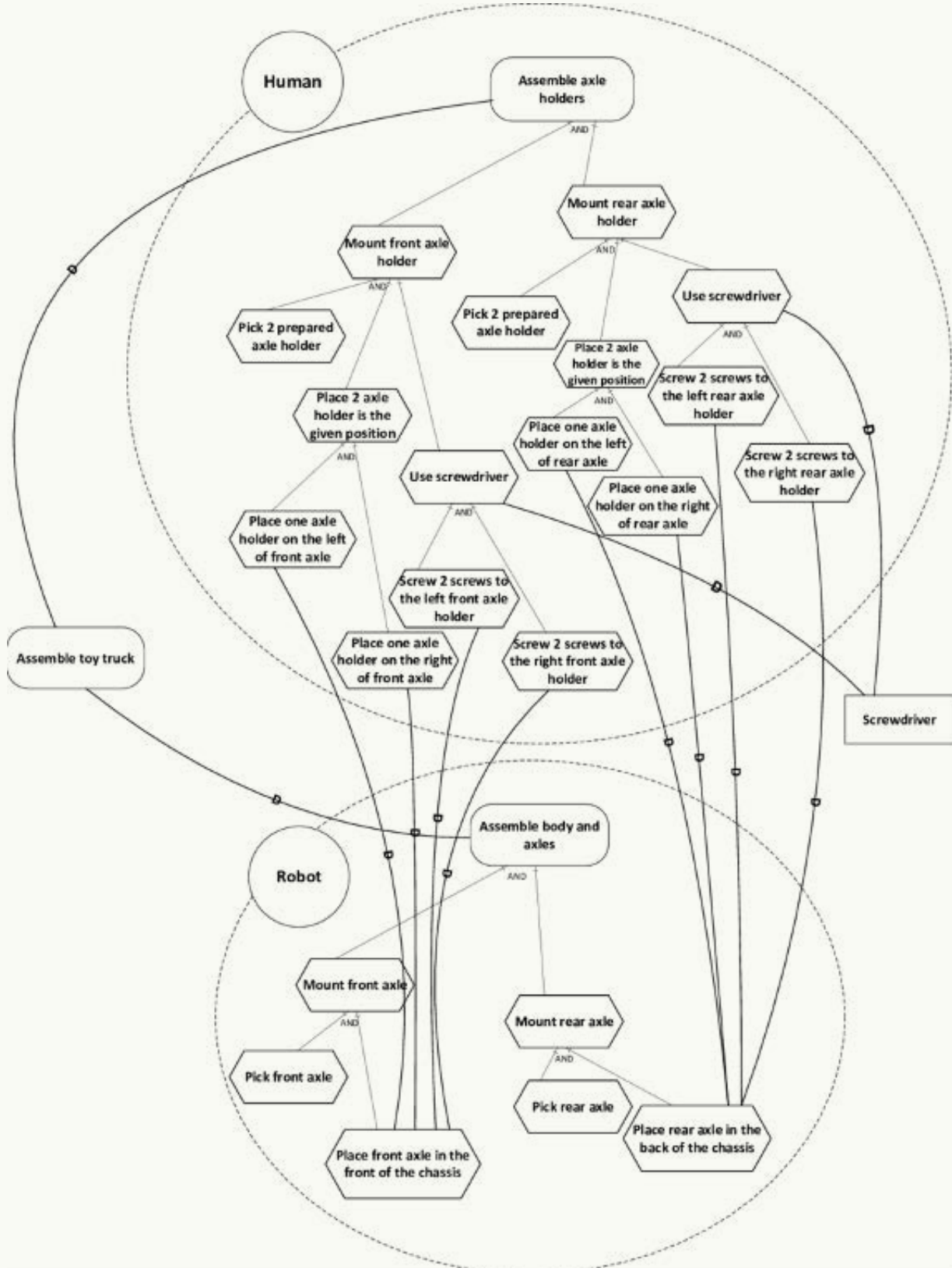
Un'altra preoccupazione è la durata limitata e l'elevata frequenza di sostituzione, soprattutto per i dispositivi elettronici di consumo come smartphone, tablet e dispositivi indossabili, spesso rinnovati ogni 2-3 anni. I progetti non modulari ostacolano lo smontaggio e il recupero di materiali preziosi, aumentando i rifiuti elettronici.

È quindi essenziale bilanciare i benefici umani e ambientali delle HMI con i loro costi in termini di materiali ed energia. Progettazione sostenibile, cicli di vita più lunghi e pratiche circolari possono massimizzare il contributo delle HMI a Industria 5.0, promuovendo al contempo la responsabilità ambientale.

■ Allineamento a certificazioni e normative

Esistono diverse normative e certificazioni che si applicano alle HMI impiegate nei processi produttivi del settore del mobile, ad esempio:

- La gestione e il trattamento di dati personali tramite HMI devono rispettare il Regolamento generale sulla protezione dei dati (GDPR [GD](#)).
- Le HMI devono inoltre rispettare gli standard e le normative di cybersecurity per garantire la protezione dei dati e prevenire violazioni di sicurezza (come ISA/IEC 62443 (Serie di standard ISA/IEC 62443 - ISA [GD](#)), per la sicurezza dei sistemi di controllo industriale; Direttiva NIS2 (Direttiva NIS2: nuove regole per la cybersecurity dei sistemi di rete e informatici | [Plasmare il futuro digitale dell'Europa \[GD\]\(#\)](#)), la regolamentazione UE sulle infrastrutture critiche; o Legge sulla ciberresilienza (Legge sulla ciberresilienza | [Plasmare il futuro digitale dell'Europa \[GD\]\(#\)](#)), standard di cybersecurity per i prodotti digitali commercializzati in Europa).





Soluzioni



Interfacce Uomo-Macchina di Schneider Electric

Schneider Electric
Francia ↔

Facili da installare, configurare e utilizzare, le HMI di Schneider Electric offrono un modo semplice ed efficiente per connettere i sistemi, raccogliere dati e presentare informazioni in modo comprensibile. Adatte anche a contesti come la produzione di arredi, includono un'ampia gamma di soluzioni, dai più piccoli terminali grafici fino ai PC industriali.



Sistema HMI/SCADA

Bejer Electronics
Svezia ↔

Soluzioni HMI avanzate per un'esperienza utente migliorata, sistemi di automazione scalabili per aumentare l'efficienza e ridurre i costi e strumenti di digitalizzazione robusti, in grado di garantire valore e adattabilità a lungo termine in diversi settori. Offrono soluzioni personalizzabili basate su iX per applicazioni industriali e soluzioni HMI basate sul Web con widget intuitivi per la progettazione delle interfacce, integrazione fluida e usabilità anche da dispositivi mobili.



Piattaforma HMI di A-Sphere

Alphagate
Germania ↔

La piattaforma HMI di A-Sphere, dal 2025 denominata RANA, propone una soluzione personalizzabile per l'industria delle macchine. A-Sphere consente di creare interfacce uomo-macchina in modo semplice anche senza competenze di programmazione. È indipendente dal PLC e integra senza difficoltà sistemi diversi. Compatibile con IA e Realtà Aumentata (AR), permette alle aziende di integrare facilmente innovazioni come la manutenzione supportata dall'IA o la formazione assistita da AR.



AVEVA InTouch HMI

Aveva
Gran Bretagna ↔

AVEVA InTouch HMI è un software di visualizzazione avanzato che aiuta gli operatori a ottimizzare le interazioni con i sistemi di automazione industriale. L'edizione Unlimited offre licenze illimitate, funzioni per la conformità normativa, report dei turni e analisi avanzata dei processi con uno storico dei dati accurato, migliorando le prestazioni nei processi industriali e manifatturieri.



Infont

Mirmit
Spagna ↔

Infont è un software di gestione industriale per il settore del mobile. Consente il monitoraggio in tempo reale della produttività su tutti i tipi di postazioni di lavoro, sia manuali che automatizzate, coprendo i processi dalla trasformazione alla movimentazione. Supervisiona la produttività in tempo reale, identifica i colli di bottiglia, ottimizza i flussi operativi e migliora l'efficienza. Offre tracciabilità completa di ordini, attività degli operatori e movimenti di magazzino, con ampia possibilità di personalizzazione e integrazione semplice tramite API.



Sistema di guida per l'operatore di sezionatrici

Gruppo Homag AG
Germania ↔

IntelliGuide è un sistema modulare di assistenza all'operatore per seghe sezionatrici, dotato di un software interattivo, segnalazioni LED, telecamere e proiezioni laser per guidare gli operatori passo-passo, prevenire errori e ottimizzare il flusso di lavoro. Migliora ergonomia, sicurezza ed efficienza, adattandosi in modo intelligente alle azioni dell'operatore e supportando un'interazione uomo-macchina intuitiva.



Esempi



Bona
Svezia
↔

Bona AB fornisce prodotti per la posa, la manutenzione e il rinnovo di pavimentazioni in legno. Bona ha scelto una soluzione di automazione di Beijer Electronics con pannelli operatore HMI per il controllo dei macchinari impiegati nel proprio processo produttivo. Il sistema, gestibile anche da remoto, è stato selezionato per la rapidità di risposta, la facilità di configurazione e l'affidabilità legata a potenti funzioni di diagnostica.



Glaston
Finlandia
↔

Glaston è un fornitore di riferimento di tecnologie e servizi per la lavorazione del vetro, destinati a diversi settori, tra cui quello del mobile. È stata sviluppata una soluzione HMI orientata all'utente, con integrazione fluida dei macchinari per aumentare l'efficienza, progettazione UX/UI intuitiva per un utilizzo semplice e un'implementazione rapida, oltre allo sviluppo di app con funzioni come analisi dei processi e assistenza alla manutenzione, a supporto delle attività operative.



Fecken-Kirfel
Germania
↔

Sviluppo di una HMI su web innovativa e con elevata qualità grafica. Lo sviluppo dell'HMI doveva rimanere all'interno dell'azienda. WebIQ Designer di Smart-HMI consente di creare interfacce utente dinamiche interattive su web in modalità low-code, tramite il semplice utilizzo dell'azione drag-and-drop. Lo strumento è stato utilizzato per lo sviluppo interno, mentre Smart HMI ha fornito solo supporto mirato.



Nowy Styl
Polonia
↔↔

Lo stabilimento Nowy Styl produce migliaia di componenti unici per turno, richiedendo soluzioni HMI avanzate come powerTouch di Homag e un MES solido come Wood Factory di Homag. Gli operatori utilizzano le HMI per monitorare la produzione, gestire i dati dei componenti, supervisionare l'automazione e adattarsi rapidamente ai cambiamenti, garantendo una produzione efficiente e personalizzata.



Cadorin
Italia
↔

Cadorin ha implementato la linea di lavorazione SCM "celaschi tmc", pienamente conforme agli standard di Industria 4.0. La soluzione include un sistema HMI che semplifica l'interazione dell'operatore e consente il controllo in tempo reale dei dati di produzione. Permette lavorazioni altamente flessibili, in linea con le esigenze della produzione artigianale ma tecnicamente avanzate di Cadorin. L'integrazione migliora la tracciabilità, l'efficienza e la precisione. Questa collaborazione riflette un impegno condiviso verso una manifattura artigianale sostenibile e di alta qualità.



Ardis Perform + Silva
Belgio
↔

Il post del blog ARDIS su Silva evidenzia come l'implementazione di PERFORM abbia trasformato la gestione della produzione. Ogni postazione di lavoro dispone ora di uno schermo interattivo con liste di attività aggiornate in tempo reale, a supporto di una comunicazione chiara, anche con personale non madrelingua. L'interfaccia consente ai responsabili di assegnare le attività, ristampare su richiesta in modo interattivo e riorganizzare le priorità da remoto, riducendo il disordine e migliorando il coordinamento all'interno del reparto.

10

1



Difficoltà di implementazione: **media**

Fattibilità economica: **media**

AIoT per la manifattura intelligente



Descrizione

AIoT, acronimo di Artificial Intelligence of Things (Intelligenza Artificiale delle Cose), indica l'integrazione delle tecnologie di Intelligenza Artificiale (IA) con l'infrastruttura dell'Internet delle Cose (IoT). Questa combinazione potenzia i dispositivi IoT, consentendo loro di analizzare i dati in edge, prendere decisioni e apprendere dall'esperienza senza intervento umano. L'edge computing è un paradigma di calcolo distribuito che porta le capacità computazionali più vicino alla fonte dei dati, come i dispositivi IoT o gli utenti, per ridurre la latenza e migliorare le prestazioni. AIoT, insieme all'edge computing, mira a rendere le operazioni IoT più efficienti, migliorare l'interazione uomo-macchina e rafforzare la gestione e l'analisi dei dati.

1 Grafico del valore aziendale basato su dati IoT e IA
I principali componenti dell'AIoT sono i seguenti:

- **Dispositivi IoT:** sensori, attuatori e altri dispositivi che raccolgono, elaborano e trasmettono dati.
- **Connettività:** reti e protocolli che consentono ai dispositivi IoT di comunicare tra loro e con i sistemi centrali.
- **Elaborazione dei dati:** algoritmi di IA che elaborano i dati raccolti dai dispositivi IoT per estrarre informazioni utili.
- **Cloud computing:** infrastruttura necessaria per archiviare ed elaborare grandi volumi di dati.

- **Edge computing:** consente l'elaborazione dei dati in prossimità del punto in cui vengono generati, riducendo la latenza e l'utilizzo della larghezza di banda.

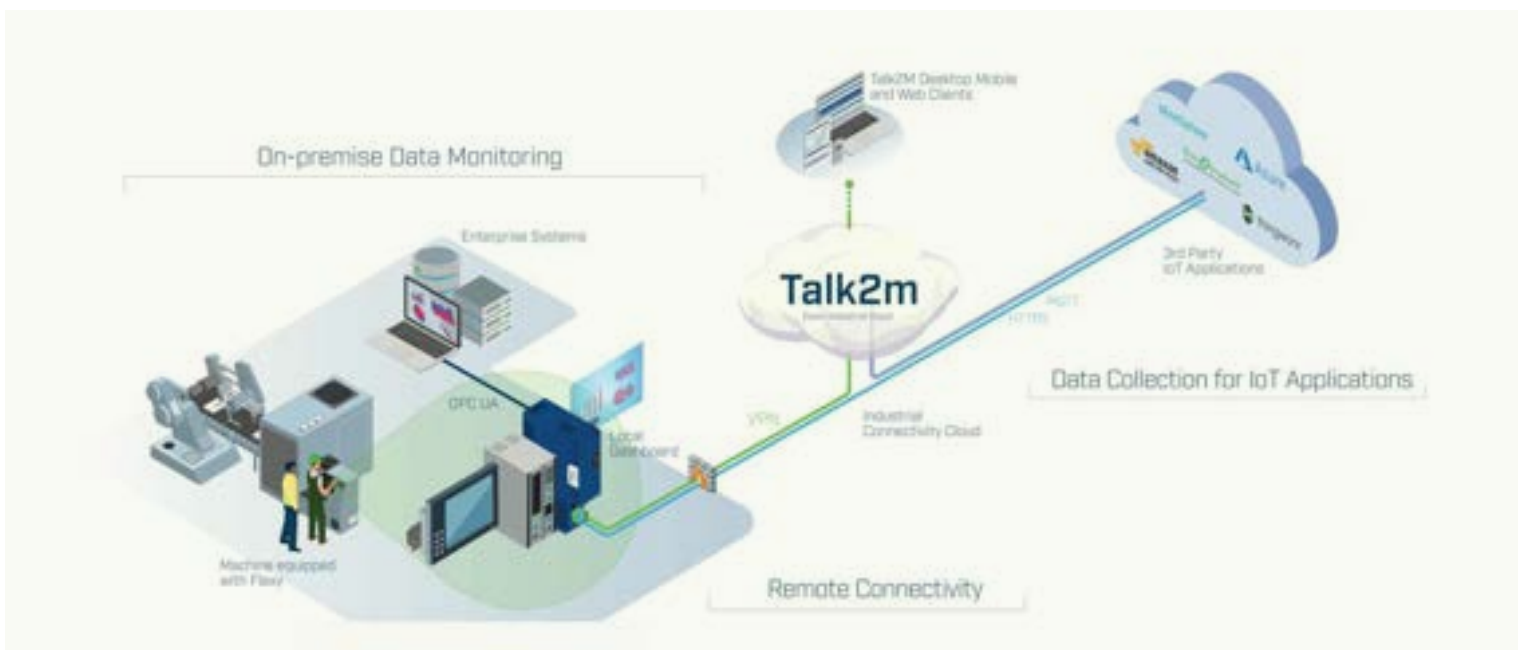
2 Esempio di rete IoT (Fonte: HMS Networks)

L'AIoT ha già dato origine a numerose applicazioni industriali. Un esempio è il controllo autonomo degli impianti di produzione. Altri ambiti riguardano l'ottimizzazione logistica o la gestione della manutenzione predittiva.

Nonostante il suo potenziale promettente, una delle principali criticità è l'interoperabilità. Molte aziende utilizzano dispositivi e piattaforme IIoT (Industrial Internet of Things) di produttori diversi, che non sempre sono compatibili tra loro in modo immediato. Questo complica l'implementazione di soluzioni AIoT integrate e rende necessari protocolli e interfacce standardizzati. Una piattaforma AIoT scelta correttamente facilita l'integrazione di nuovi dispositivi, consente di scalare in modo semplice e supporta l'adattamento flessibile della strategia IIoT. Permette inoltre l'integrazione con altri sistemi e tecnologie, come ERP o CRM, integrando le tecnologie IIoT nei processi aziendali già esistenti.

Un altro aspetto cruciale è la preparazione dei dati. Negli ambienti IoT, la qualità dei dati è spesso inferiore a quanto le aziende si aspettino. Applicare l'IA a dati non adeguatamente preparati porta a modelli poco affidabili, che non offrono i risultati attesi. Pertanto, è essenziale

2



preparare e arricchire correttamente i dati da analizzare, utilizzando una piattaforma IoT affidabile.

Allo stesso tempo, stanno emergendo tendenze che nei prossimi anni influenzeranno l'ecosistema AIoT. Una di queste è l'uso dell'IA generativa, che non si limiti ad analizzare i dati ma può anche produrre nuovi design o proposte di ottimizzazione. Un'altra tendenza è l'integrazione delle tecnologie 5G, che permettono una connettività molto veloce e affidabile. Questo è particolarmente importante per applicazioni che richiedono una larghezza di banda elevata o bassa latenza, come veicoli autonomi o controlli in tempo reale.

Nonostante il potenziale, integrare l'IA in ambito manifatturiero presenta delle sfide, tra cui investimenti iniziali rilevanti, la necessità di personale qualificato per sviluppare e mantenere sistemi di IA e preoccupazioni riguardanti la privacy e la sicurezza dei dati. Inoltre, l'integrazione delle tecnologie IA con le infrastrutture esistenti della tecnologia dell'informazione (IT) e della tecnologia operativa (OT) è complessa. L'IT riguarda l'uso di sistemi informatici per elaborare, archiviare e scambiare informazioni, mentre l'OT include invece i sistemi che monitorano e controllano dispositivi fisici, processi e infrastrutture in contesti industriali.

Con la continua evoluzione della tecnologia AIoT, le applicazioni nella produzione sono destinate ad ampliarsi ulteriormente, portando potenzialmente a fabbriche completamente autonome e a una produzione altamente personalizzata su larga scala. È inoltre probabile che lo sviluppo dell'AIoT porti a una maggiore attenzione alla collaborazione tra persone e macchine, sfruttando i punti di forza di entrambe per ottenere risultati ottimali.

3 *Mini PC industriali (Fonte: Beckhoff)*



Applicazione

L'AIoT in ambito manifatturiero consente capacità avanzate di acquisizione dei dati ed elaborazione intelligente. Combinando la connettività IoT con analisi guidate dall'IA, permettere di prendere decisioni in tempo reale basate sui dati, trasformando le operazioni industriali.

4 *Importanza dell'IA nella manifattura (Fonte: Orange mantra)*

Manutenzione predittiva: l'AIoT può prevedere i guasti delle apparecchiature prima che si verifichino, analizzando i dati provenienti dai sensori integrati nei macchinari. Questo approccio riduce i tempi di inattività e i costi di manutenzione e contribuisce a prolungare la vita utile degli impianti.

5 *Monitoraggio dei dati per la manutenzione predittiva (Fonte: Adobe Stock)*

Ottimizzazione della catena di approvvigionamento: l'AIoT può monitorare le merci in tempo reale, prevedere la domanda e ottimizzare i livelli di inventario. Queste capacità migliorano la visibilità della catena di approvvigionamento, riducono i costi e accorciano i tempi di consegna.

Gestione dell'energia: l'IA può ottimizzare l'utilizzo dell'energia negli impianti di produzione analizzando dati provenienti da diverse fonti per individuare inefficienze e proporre interventi di miglioramento. Ad esempio, l'IA può ottimizzare il funzionamento dei sistemi di condizionamento in base al numero di persone presenti in un edificio, alle condizioni meteorologiche e alle esigenze specifiche del processo produttivo, riducendo in modo significativo i costi energetici. I sistemi AIoT possono monitorare e controllare il consumo energetico degli

3



4



impianti industriali per ridurre il consumo e i costi e supportare iniziative di sostenibilità.

6 Dashboard del software di gestione energetica (Fonte: Ealytics)

Controllo qualità: l'AIoT può automatizzare l'ispezione dei prodotti tramite computer vision e algoritmi di machine learning. Questo migliora la qualità del prodotto e riduce la necessità di manodopera dedicata all'ispezione manuale.

Sicurezza e protezione: l'AIoT può migliorare la sicurezza sul lavoro monitorando le condizioni ambientali e rilevando situazioni pericolose. Questo riduce il rischio di incidenti e supporta la conformità ai requisiti di sicurezza.

Progettazione e produzione intelligenti: l'IA supporta la progettazione tramite software di generative design, in grado di generare numerose alternative progettuali basate su criteri definiti, ad esempio materiali, metodi di produzione e requisiti prestazionali. Questo accelera la progettazione e consente una maggiore personalizzazione, permettendo ai produttori di rispondere più facilmente a esigenze specifiche dei clienti. Inoltre, l'AIoT consente il monitoraggio e l'ottimizzazione in tempo reale dei processi produttivi, aumentando l'efficienza, riducendo gli sprechi e migliorando la qualità del prodotto.



Aspetti dell'implementazione

Difficoltà di implementazione: media

Garantire accuratezza, sicurezza e privacy dei dati è fondamentale per il successo delle iniziative AIoT. Una delle sfide più rilevanti nell'adozione dell'AIoT è proprio la tutela di privacy e sicurezza. I dispositivi IoT generano

enormi quantità di dati che possono includere informazioni sensibili, ad esempio transazioni finanziarie, oltre a dati operativi relativi a infrastrutture critiche. Per sfruttare davvero il potenziale dell'AIoT è inoltre necessario un cambiamento culturale in azienda. I decisori devono adottare strategie basate sui dati e promuovere un contesto orientato a innovazione e miglioramento continuo. È altrettanto importante investire in formazione e potenziamento delle competenze dei dipendenti, affinché possano utilizzare in modo efficace le tecnologie AIoT.

Per rendere l'adozione più semplice e meno impegnativa, un approccio pratico è partire da casi d'uso circoscritti e poi scalare in modo graduale. Le simulazioni offrono un punto d'ingresso a basso rischio e gestibile, che può portare nel tempo all'integrazione fluida dei gemelli digitali nelle operazioni di produzione.

Fattibilità economica: media

L'implementazione di una tecnologia AIoT su larga scala spesso richiede investimenti significativi in sensori, dispositivi IoT, software, infrastrutture e personale qualificato. Tuttavia, alcune delle soluzioni descritte possono avere costi di implementazione molto contenuti, soprattutto per le PMI.

Fattori umani

L'adozione della tecnologia AIoT spesso richiede cambiamenti organizzativi significativi e il passaggio a una cultura aziendale orientata ai dati e all'innovazione. Resistenza al cambiamento, scarsa consapevolezza o esitazione ad adottare nuove tecnologie possono ostacolare l'adozione. È quindi necessario colmare il divario delle competenze digitali, chiarire i benefici pratici dell'AIoT nei ruoli quotidiani e sviluppare nuove compe-

5



6



tenze senza compromettere la continuità operativa o il benessere dei dipendenti.

L'AIoT può migliorare efficienza, processo decisionale ed esperienza del cliente e trasformare il modo in cui le persone interagiscono con l'ambiente. Ad esempio, può automatizzare attività ripetitive come l'inserimento di dati e la programmazione, liberando tempo affinché i dipendenti possano concentrarsi su attività a maggior valore. Può inoltre analizzare grandi volumi di dati per aiutare le aziende a prendere decisioni informate, rilevare pattern e fornire previsioni accurate.

I produttori possono rafforzare il valore dell'AIoT verso gli stakeholder evidenziando benefici concreti come il miglioramento della qualità del prodotto, la riduzione dei costi energetici, una maggiore efficienza operativa e condizioni di lavoro più sicure. I fattori chiave per un'adozione efficace dell'AIoT includono un forte supporto dei dirigenti, investimenti nella gestione del cambiamento e nell'infrastruttura digitale, e capacità di adattamento della forza lavoro.

Comunicazione trasparente e processi di co-progettazione sono altrettanto essenziali per aumentare accettazione e fiducia nei sistemi AIoT. I lavoratori dovrebbero essere coinvolti attivamente nella co-progettazione di strumenti intelligenti che incidono sulle attività quotidiane. Inoltre, gli aspetti etici, in modo particolare su privacy dei dati e decisioni algoritmiche, vanno affrontati fin dall'inizio.

In conclusione, l'AIoT non sostituirà i lavoratori umani, ma chi saprà utilizzare questi strumenti avrà un vantaggio rispetto a chi non lo farà. Man mano che l'automazione assorbe le attività ripetitive, le persone si concentreranno sempre più su guida, messa a punto e ottimizzazione di questi sistemi intelligenti. Il cervello umano resta uno dei sistemi più avanzati ed efficienti per elaborare le informazioni. Sebbene l'IA possa analizzare enormi dataset e rilevare pattern a velocità incredibili, non possiede la comprensione sottile e intuitiva degli esseri umani. Siamo particolarmente efficaci nel cogliere il contesto, leggere tra le righe e creare connessioni significative anche partendo da informazioni limitate, capacità che restano fuori dalla portata anche dei sistemi IA più potenti.

■ Fattori ambientali

L'integrazione dell'AIoT nella produzione di mobili può contribuire a ridurre l'impronta di carbonio, perché aiuta a diminuire consumi energetici, acqua e risorse, riduce gli scarti, migliora la logistica e aumenta l'efficienza complessiva. Inoltre, può ridurre alcune attività ripetitive del personale, liberando tempo da dedicare ad attività di maggior valore. L'AIoT consente anche la manutenzione predittiva, che prolunga la vita utile delle apparecchiature e riduce interventi non necessari. Nel complesso, queste applicazioni possono ridurre in modo significativo l'impatto ambientale, contribuendo ad allineare i processi produttivi a standard e normative ambientali.

Tuttavia, l'AIoT può introdurre anche impatti ambientali rilevanti, perché dipende da elettronica integrata, grandi volumi di dati, modelli di machine learning e connettività continua.

A livello di dispositivi, i sistemi AIoT coinvolgono miliardi di sensori, microcontrollori, attuatori e processori edge distribuiti. Sebbene i singoli componenti siano piccoli, il loro volume imponente può creare un carico ambientale complessivo significativo. Questi dispositivi contengono spesso elementi delle terre rare, metalli pesanti e materie plastiche ingegnerizzate, la cui estrazione e raffinazione sono associate a elevati impatti ambientali. Molti dispositivi AIoT hanno inoltre vincoli energetici e una vita utile limitata, aumentando il contributo ai rifiuti elettronici. L'impatto della produzione cresce ulteriormente quando si integrano componenti hardware "AI-capable". Questi chip richiedono processi di fabbricazione complessi e ad alto consumo energetico e sono soggetti a cicli di obsolescenza tecnologica rapidi.

Sul fronte dei dati, i sistemi AIoT generano ed elaborano enormi volumi di informazioni. Sebbene l'edge computing riduca i requisiti di latenza e larghezza di banda, molte architetture AIoT continuano a dipendere dal cloud per l'aggregazione dei dati, l'archiviazione a lungo termine e l'addestramento complesso dei modelli. Di conseguenza, l'AIoT può contribuire all'aumento dei consumi di energia e acqua dei data center durante l'utilizzo.

I modelli di IA impiegati nelle applicazioni AIoT, in particolare gli algoritmi di deep learning per visione artificiale, elaborazione del linguaggio naturale o rilevamento di anomalie, possono richiedere molta energia in fase di addestramento.

■ Allineamento a certificazioni e normative

L'implementazione dell'AIoT in fabbrica richiede conformità a diverse normative e standard relativi alla sicurezza dei dati, all'interoperabilità, all'impatto ambientale e ai requisiti specifici del settore. Riportiamo di seguito alcuni riferimenti rilevanti:

Legge sulla ciberresilienza (CRA): introduce requisiti obbligatori di cybersecurity per i prodotti con elementi digitali, includendo hardware e software, e quindi anche i dispositivi AIoT.

- Misure di sicurezza obbligatorie: i produttori devono integrare requisiti di sicurezza l'ungo l'intero ciclo di vita del prodotto, dalla progettazione alla dismissione.
- Segnalazione delle vulnerabilità: le aziende sono tenute a segnalare alle autorità le vulnerabilità sfruttate entro 24 ore e a fornire aggiornamenti completi entro 72 ore.
- Aggiornamenti sulla sicurezza: i dispositivi devono ricevere aggiornamenti di sicurezza per un minimo di cinque anni, salvo che la vita utile prevista del prodotto sia più breve.
- Sanzioni per mancata conformità: i prodotti non conformi possono essere esclusi dal mercato UE e sono previste sanzioni fino a 15 milioni di euro o del 2,5% del fatturato globale.

IIC (Industrial Internet Consortium): Security Framework, definisce le migliori pratiche di sicurezza per l'IIoT industriale e i gemelli digitali.

AI Act (UE): regola l'uso di sistemi basati su IA, incluso quelli impiegati per il processo decisionale in contesti industriali.

Green Deal UE e Meccanismo di adeguamento del carbonio alle frontiere: richiedono un monitoraggio sempre più strutturato dell'impronta di carbonio nelle operazioni industriali.



Soluzioni



Manutenzione predittiva con AI integrata per motori elettrici industriali

Advantech
Taiwan ⇄

La manutenzione predittiva dei motori elettrici previene guasti costosi tramite il monitoraggio delle vibrazioni e della temperatura. Dispositivi come WISE-2410, con ARM Cortex-M4, LoRa e edge computing, analizzano i dati direttamente a bordo per estendere la durata della batteria fino a 2 anni. Con protezione IP66, è adatto a motori, pompe, sistemi di condizionam e altri impianti per un monitoraggio wireless efficiente delle condizioni operative.



Dispositivi di IoT industriale (semplice) per connettività con PLC e macchinari

HMS Networks
Svezia ⇄

I prodotti di comunicazione industriale HMS connettono milioni di PLC, robot e dispositivi a software e sistemi remoti. La famiglia di dispositivi EWON consente un accesso remoto ai PLC sicuro e semplice, senza la necessità di firewall o port forwarding, anche in Cina. Supportando più marchi di PLC, EWON fa da ponte tra i dati industriali e gli utenti remoti tramite Wi-Fi o reti cellulari.



PC industriali ultracompatto senza ventola e OpenVINO

Open Vino (Intel Corporation)
Stati Uniti ⇄ ⇄

PC industriali ultracompatto e scalabili concentrano un'elevata potenza di calcolo in un formato ridotto, con diverse opzioni di installazione nel quadro elettrico. Sono indicati per il controllo, la visualizzazione e la comunicazione, ad esempio verso il cloud. Offrono capacità di calcolo per molte attività di automazione e visualizzazione. Grazie all'elevato rapporto potenza/dimensioni, sono particolarmente adatti ad applicazioni di Industria 4.0, ad esempio i gateway IoT.

I PC industriali possono eseguire framework e software avanzati di IA come OpenVINO. Si tratta di un toolkit open source per ottimizzare e distribuire modelli di deep learning. Permette ai programmatori di sviluppare soluzioni di IA scalabili ed efficienti con un numero relativamente ridotto di righe di codice.



DeviceWISE® AI

Telit Cinterion
Stati Uniti ⇄

La piattaforma integra l'IA nell'IoT e supporta l'ispezione visiva con algoritmi avanzati e tecniche di deep learning, l'ottimizzazione basata sui dati per una qualità uniforme del prodotto, con raccolta e analisi dei dati per la manutenzione predittiva. Supportando sistemi no-code o low-code, consente l'ottimizzazione dei processi (incluso il miglioramento dei consumi energetici, con riduzione dei costi).



Asus Ebs-4U - Smart Replenishment

ASUS
Taiwan ⇄

La soluzione Smart Replenishment di ASUS IoT e Macnica DHW utilizza IA e riconoscimento delle immagini per automatizzare il rifornimento di prodotti deperibili non dotati di codice a barre. Funzionando 24 ore su 24, 7 giorni su 7, fornisce visibilità in tempo reale delle scorte, elimina i controlli manuali e migliora l'efficienza. La piattaforma end-to-end combina hardware e analisi IoT ASUS con l'interfaccia utente di Macnica, per un'implementazione semplice e scalabile nei punti vendita.



Gateway per l'edge computing all-in-one AIoT-5G-G06

Trugemtech
Cina ⇄

Il TruGem AIoT-5G-G06 è un gateway per edge computing AIoT 5G all-in-one in formato 1U per rack, progettato per un'integrazione semplice in armadi standard da sala server. Integra funzionalità AIoT con capacità di elaborazione ad alte prestazioni, risultando adatto a scenari IoT industriali e di livello aziendale. Supporta analisi dei dati in tempo reale e decisioni automatizzate in edge, riducendo la latenza e necessità di invio continuo dei dati al cloud. Il TruGem AIoT-5G-G06 è pensato per ambienti che richiedono capacità continue di elaborazione, monitoraggio e risposta dei dati vicino alla fonte dati.



Esempi

**Interior Works***Polonia*

Gestione delle prestazioni delle risorse: gli utenti possono migliorare le prestazioni venendo costantemente aggiornati su come le risorse stanno rispettando i KPI. Inoltre, è possibile verificare se i KPI definiti sono ancora adeguati. Con le app di gestione delle prestazioni sviluppate direttamente sulla piattaforma AloT, gli utenti ricevono avvisi automatici quando si verificano scostamenti e possono reagire rapidamente a comportamenti anomali. I dati e i feedback in tempo reale provenienti dalle macchine consentono di affinare i KPI per massimizzare le prestazioni. Questo si traduce in un utilizzo più efficace delle risorse e in tempi di produzione più rapidi.

**Pressac Communications Ltd***Regno Unito*

Monitoraggio e gestione dei consumi energetici: la sostenibilità sta diventando rapidamente una priorità per i produttori, spinta dalla domanda dei consumatori e da normative più severe. Di conseguenza, è prevedibile un orientamento strategico verso operazioni più pulite ed ecologiche, come l'uso di energie rinnovabili, materiali riciclabili e riduzioni di emissioni, imballaggi eccessivi e consumi idrici. I consumi energetici possono essere ridotti scegliendo le opzioni più efficienti dal punto di vista energetico per le risorse connesse. Il monitoraggio e la gestione dei consumi con AloT negli impianti di produzione consentono di identificare pattern e ridurre perdite energetiche anomale, monitorare i picchi di consumo, identificare interventi per limitare gli sprechi e comprendere meglio il contributo di ogni risorsa al consumo complessivo.

**CPCON Group***Stati Uniti*

Gestione di inventario e catena di approvvigionamento: una piattaforma AloT integrata migliora la gestione dell'inventario e la previsione del fabbisogno di risorse su più siti produttivi. Le analisi in tempo reale consentono di aumentare la trasparenza della catena di approvvigionamento, automatizzare alcune decisioni e rafforzare la resilienza. Gli strumenti basati su IA aiutano ad anticipare le interruzioni, gestire inventari complessi e migliorare l'efficienza, con benefici su controllo della qualità dei fornitori, esperienza del cliente e le performance aziendali.

**Prohan***Polonia*

Sistema di computer vision per la rilevazione precoce dei difetti: per un produttore di mobili in legno duro, individuare difetti in anticipo lungo la linea è fondamentale. Con una soluzione basata su computer vision e algoritmi di machine learning, è possibile identificare fessure, crepe e spaccature nei pannelli immediatamente dopo la fase di incollaggio, quando la velocità della macchina rende i difetti difficili da rilevare a occhio nudo. ➔

**Axiomtek***Taiwan (sede centrale)*

I robot di servizio di Axiomtek, con IA integrata, combinano IA, cloud, big data e biometria per funzioni di rilevamento, supporto decisionale e controllo autonomo. Basati su computer edge ad alte prestazioni come eBOX ➔, IPC ➔, sistemi AIE ➔ e sistemi su moduli ➔, offrono I/O flessibili, design compatto e possibilità di personalizzazione. Axiomtek fornisce anche servizi di progettazione su misura per aumentare la produttività, ridurre i costi e accelerare l'implementazione.

**Fanuc***Giappone*

I robot collaborativi per la lavorazione del legno abilitati dall'IA automatizzano attività come levigatura, instradamento e manipolazione, migliorando precisione, qualità e sicurezza grazie alla riduzione dell'esposizione a polvere e rischi. Con l'integrazione AloT, i robot possono ispezionare la qualità in tempo reale, apprendere dai risultati e ottimizzare i processi, aumentando la produttività e abilitando una produzione più intelligente, adattiva ed efficiente.



1



Difficoltà di implementazione: **bassa**

Fattibilità economica: **alta**

Il percorso dell'IoT e della connettività



Descrizione

L'IoT, acronimo di Internet of Things (Internet delle Cose), è una rete di oggetti fisici, le "cose", dotati di sensori, software e altre tecnologie che consentono loro di connettersi e scambiarsi dati con altri dispositivi e sistemi tramite internet. In sostanza, significa collegare oggetti di uso quotidiano a internet, permettendo loro di raccogliere, condividere e utilizzare i dati. Tuttavia, l'IoT non riguarda solo hardware e connettività. L'IoT abilita nuovi servizi di massa, sta trasformando le abitazioni in ecosistemi intelligenti e sta influenzando il modo in cui le aziende impostano la propria attività.

1 *L'IoT sta trasformando le case in ecosistemi intelligenti (Fonte: Codiant)*

Di seguito si riportano gli elementi chiave dell'IoT:

- **Oggetti connessi:** L'IoT include un'ampia gamma di dispositivi domestici o oggetti connessi, dagli elettrodomestici, ad esempio termostati, sistemi di illuminazione, assistenti vocali, fino a dispositivi indossabili e sistemi di sicurezza per una smart home. Questi dispositivi costituiscono il livello fisico dell'ecosistema IoT, interagendo con gli utenti e l'ambiente.
- **Sensori:** i dispositivi sono dotati di sensori integrati che raccolgono dati dall'ambiente circostante (come temperatura, umidità, movimento, luce, livelli di CO₂ o presenza). Questi dati grezzi costituiscono la base di applicazioni context-aware, che consentono automazione e controllo intelligenti.
- **Gateway e comunicazione:** i dati raccolti dai sensori vengono trasmessi tramite protocolli di comunicazione come Wi-Fi, Zigbee, Bluetooth, LoRaWAN o NB-IoT. I gateway svolgono il ruolo di intermediari che aggregano e pre-elaborano questi dati prima di inviarli al cloud o ai server locali.
- **Elaborazione e analisi dei dati:** una volta trasmessi, i dati vengono elaborati nel cloud oppure in edge. Algoritmi di IA e machine learning analizzano le informazioni per individuare pattern, prevedere il comportamento degli utenti e abilitare l'automazione.
- **Sistemi di controllo e interfacce:** gli utenti interagiscono con l'ecosistema IoT tramite dashboard che offrono controllo, monitoraggio e configurazione dei dispositivi in tempo reale.
- **Servizi e applicazioni:** in definitiva, l'IoT consente una vasta gamma di servizi, tra cui manutenzione predittiva, ottimizzazione energetica, monitoraggio

della salute e maggiore comfort e sicurezza.

Man mano che la tecnologia IoT si integra sempre di più nei sistemi, negli stili di vita e nelle attività aziendali, cresce anche la necessità di cybersecurity. Le tecnologie di sicurezza informatica per i dispositivi IoT sono fondamentali, perché aumentano sia il numero di dispositivi connessi sia la qualità dei dati sensibili gestiti. I dispositivi IoT, dagli elettrodomestici intelligenti ai sensori industriali, spesso sono esposti a minacce informatiche per tre motivi principali: potenza di calcolo limitata, carenza di misure di sicurezza integrate e complessità degli ecosistemi IoT. Di seguito si riportano le principali tecnologie e pratiche di cybersecurity progettate per proteggere i dispositivi IoT.

2 *Tipi di dispositivi IoT (Fonte: Istock)*

A partire da agosto 2025, nuove normative europee richiederanno che tutte le apparecchiature IoT, inclusi i dispositivi che utilizzano Wi-Fi o Bluetooth, rispettino rigorosi standard di cybersecurity. I produttori dovranno garantire la sicurezza dei dispositivi durante l'intero ciclo di vita del prodotto, inclusa la chiara divulgazione delle vulnerabilità, periodi di supporto definiti e l'uso di password uniche o stabilite dall'utente per ridurre i rischi legati alle credenziali predefinite. Funzioni come Secure Boot, validazione del firmware, autenticazione basata su PKI e l'opzionale autenticazione a più fattori (MFA) contribuiranno a proteggere da tentativi di accesso non autorizzati.

3 *Dispositivi IoT in ambito domestico (Fonte: AdobeStock)*

Proteggere i dati e le connessioni di rete è fondamentale per rendere sicuri i dispositivi smart. Ciò significa garantire che le informazioni scambiate tra dispositivi restino riservate e non possano essere lette o modificate da terzi. Sono misure particolarmente importanti nei dispositivi IoT presenti nelle case smart, dove strumenti di sicurezza come connessioni protette e aggiornamenti software aiutano a mantenere i sistemi aggiornati e sicuri.

4 *Ecosistema IoT Smarthub Home (Fonte: AEOTEC)*

5 *Dashboard IoT (Fonte: AdobeStock)*



Applicazione

L'IoT sta trasformando l'ambiente in cui viviamo e lavoriamo, permettendo nuovi modi di gestire le risorse, migliorare l'efficienza e ottenere informazioni più approfondite attraverso l'analisi dei dati. Le applicazioni IoT includono, tra le altre applicazioni:

- **Casa intelligente:** assistenti vocali, aspirapolvere

automatici, termostati e attuatori.

- **Monitoraggio ambientale:** temperatura e umidità, IAQ (CO₂, COV, ecc.)
- **Sicurezza:** telecamere intelligenti, sensori di movimento e serrature con monitoraggio e avvisi in tempo reale, per migliorare la sicurezza domestica.
- **Dispositivi di misurazione:** contatori intelligenti per elettricità, acqua e gas, che possono affiancarsi a quelli già gestiti dai fornitori.
- **Elettrodomestici intelligenti:** frigoriferi, forni e lavastoviglie con controllo da remoto e funzioni come suggerimenti di ricette e ordini automatici.
- **Dispositivi indossabili:** tracker per il fitness, smartwatch e altri dispositivi inerenti a salute e benessere.
- **Edifici intelligenti:** monitoraggio di occupazione e flussi di persone, controllo degli accessi e risparmio energetico.
- **Auto connesse:** gestione della disponibilità dei parcheggi, controllo da remoto e appuntamenti self-service.
- **Localizzazione e tracciamento:** sia di persone che di merci.

6 Controllo termico e dashboard di controllo su dispositivo mobile (Fonte: EVEHOME)

Oltre alle funzioni dei singoli dispositivi, i sistemi IoT consentono il monitoraggio, la raccolta e l'elaborazione continua dei dati in tempo reale, consentendo di ottenere informazioni predittive e comportamenti adattivi. Spesso questi dispositivi interagiscono con piattaforme su cloud o unità di edge computing che analizzano i dati dei sensori, prendono decisioni autonome o attivano allarmi. I sistemi di controllo e le app mobili offrono agli utenti un accesso centralizzato per configurare, gestire e visualizzare le operazioni IoT anche da remoto. Questa comunicazione bidirezionale tra dispositivi connessi e infrastrutture di controllo rende gli ambienti più reattivi e supporta automazione, efficienza energetica e sicurezza.



Aspetti dell'implementazione

■ Difficoltà di implementazione: bassa

L'elettronica IoT di livello consumer deve essere semplice da installare e da utilizzare, sia per l'integratore che per l'utente finale. A volte i produttori puntano sulla comodità d'uso sacrificando la sicurezza. Tuttavia, non dovrebbe essere necessario scegliere l'uno o l'altro aspetto. Per il successo di iniziative basate su sensori connessi è fondamentale garantire accuratezza dei dati, sicurezza e privacy. Servono misure di cybersecurity robuste per proteggere le informazioni sensibili e prevenire accessi non autorizzati. I requisiti normativi costringeranno i produttori a mettere la cybersecurity al centro e, con soluzioni ben progettate, sarà possibile mantenere bassa la complessità di implementazione.

■ Fattibilità economica: alta

L'implementazione su larga scala di tecnologie basate su sensori connessi richiede spesso investimenti significativi in sensori, dispositivi IoT, software, infrastrutture e personale qualificato. Tuttavia, per implementazioni di piccola e media scala, l'IoT è una tecnologia già matura, con un ritorno sull'investimento già dimostrato.

■ Fattori umani

L'adozione dell'IoT sta accelerando negli ambienti consumer, in particolare tramite dispositivi collegati a smartphone o controllati con comandi vocali. Queste tecnologie sono sempre più diffuse nella vita quotidiana, dai termostati e sistemi di illuminazione smart ai sistemi di sicurezza e ai sensori per la qualità dell'aria. Per i produttori, integrare sensori in rete in mobili o ambienti domestici rappresenta un cambio di paradigma: trasforma la vendita una tantum in modelli di servizio continuativi, con ricavi legati a servizi basati sui dati, come manutenzione predittiva, monitoraggio da remoto o analisi dei comportamenti d'uso.

Implementare sistemi IoT su larga scala richiede una significativa trasformazione culturale e organizzativa. Le aziende devono evolversi verso un approccio basato sui

2



3



4



5



dati e promuovere la collaborazione trasversale tra IT, progettazione del prodotto e servizio clienti.

Per garantire adozione e usabilità, i dipartimenti di risorse umane devono investire nel potenziamento delle competenze del personale su aspetti come l'alfabetizzazione digitale, l'utilizzo delle interfacce utente e i protocolli di cybersecurity. Operatori e staff di assistenza dovrebbero essere formati anche per interpretare i dati dei sensori e reagire in modo corretto.

Inoltre, approcci di progettazione partecipativa, in cui i dipendenti contribuiscono a testare e migliorare i sistemi intelligenti, aumentano il senso di proprietà e l'accettazione. Aspetti etici come privacy dei dati, confini del monitoraggio dei dipendenti e trasparenza degli algoritmi vanno affrontati in modo proattivo, in dialogo con il personale.

In sintesi, accettazione, fiducia e competenze digitali sono elementi fondamentali per un'implementazione IoT di successo.

■ Fattori ambientali

L'implementazione di sensori connessi può contribuire in modo significativo a ridurre l'impronta di carbonio, minimizzare gli sprechi e aumentare l'efficienza energetica. In ambito domestico, i dispositivi IoT possono ridurre significativamente i consumi energetici grazie al monitoraggio in tempo reale, all'automazione e a una gestione energetica ottimizzata. Inoltre, i sensori in rete rappresentano una base importante per la manutenzione predittiva: aiutano a prolungare la vita utile di apparecchiature come caldaie o condizionatori e a limitare interventi non necessari.

Tuttavia, l'impronta ambientale dell'IoT sta crescendo rapidamente, a causa della diffusione dell'elettronica integrata, dello scambio continuo di dati e delle infrastrutture necessarie.

A livello hardware, i dispositivi IoT includono sensori, microcontrollori, moduli di comunicazione (ad esempio, Wi-Fi, Bluetooth, LTE) e batterie. Questi componenti generalmente sono composti da elementi delle terre rare, rame, litio, cobalto e polimeri ingegnerizzati, tutti con un impatto ambientale rilevante. La miniaturizzazione e l'integrazione dell'elettronica, pur migliorando la prestazio-

ni, rendono spesso complicati smontaggio e riciclo, con un aumento del rischio di generare rifiuti elettronici.

Anche la fase di produzione è energivora, include la fabbricazione di semiconduttori, la produzione di circuiti stampati e l'assemblaggio in ambienti controllati. Molti dispositivi sono progettati per essere economici e usa e getta, con cicli di vita brevi (2-5 anni), che amplificano ulteriormente l'impatto ambientale. Inoltre, data la scala globale dell'IoT, anche piccoli impatti per singolo dispositivo diventano rilevanti se moltiplicati per milioni di unità.

Durante la fase operativa, la maggior parte dei dispositivi IoT consuma poca energia singolarmente. Tuttavia, la loro domanda complessiva può diventare significativa quando i nodi sono milioni. Oltre all'energia necessaria per far funzionare i dispositivi, la trasmissione dati, l'archiviazione su cloud e l'analisi richiedono un'infrastruttura digitale importante.

Molti sistemi IoT dipendono dal cloud e inviano i dati dei sensori a server centralizzati per l'elaborazione. Questo aumenta l'impronta ambientale, soprattutto quando vengono trasmessi in modo continuo dati di basso valore o ridondanti.

■ Allineamento a certificazioni e normative

L'implementazione di sensori connessi in fabbrica richiede la conformità a diverse normative e standard relativi a sicurezza dei dati, interoperabilità, impatto ambientale e requisiti specifici. Riportiamo di seguito alcuni riferimenti rilevanti:

- Il requisito essenziale previsto dall'Articolo 3(3), punto (d) della **Direttiva 2014/53/UE** si applica a qualsiasi apparecchiatura radio in grado di comunicare tramite internet, direttamente o tramite altre apparecchiature (ovvero "apparecchiatura radio connessa a internet").
- **prEN18031-1**: apparecchiature radio connesse a Internet (rischi di sicurezza e rete)
- **prEN18031-2**: varie apparecchiature radio (ad es., giocattoli, indossabili) (rischi di sicurezza e privacy)
- **prEN18031-3**: apparecchiature radio che gestiscono valuta/pagamenti (rischio di sicurezza e finanziario)
- **GDPR (Regolamento generale sulla protezione dei dati - UE)**: disciplina raccolta, trattamento e conservazione dei dati, tutelando la privacy di dati personali e industriali.
- **ISO/IEC 27001**: standard internazionale per il sistema di gestione della sicurezza informatica.

6





Soluzioni



Piattaforma Middleware Fiware

Nivid Technologies

Stati Uniti ↻

FIWARE è una piattaforma open source che supporta lo sviluppo di applicazioni smart utilizzando standard aperti e tecnologie avanzate. Migliora l'interoperabilità, favorisce l'innovazione, riduce i costi e migliora i servizi pubblici. Soluzioni proprietarie, come la piattaforma smart city di Telefónica, si basano sul nucleo di FIWARE, sfruttandone API, modelli di dati condivisi e scambio di dati in tempo reale per garantire una compatibilità senza intoppi.



Allineamento dei prodotti del produttore con l'ecosistema IoT per la casa intelligente

Open Home Foundation

Nuova Zelanda ↻ ↻ ↻ ↻

Home Assistant ↻, Google Home ↻, Apple HomeKit ↻, Tuya Home ↻, Samsung SmartThings ↻, ecc. Queste aziende non si limitano a creare prodotti; costituiscono veri e propri brand di ecosistemi IoT che offrono comodità, sicurezza ed efficienza. L'interconnessione tra le cose fa sì che gli utenti non sono più soddisfatti dall'accesso a un singolo prodotto o servizio, ma richiedano soluzioni complete basate su scenari, con una gestione integrata.



Nuovi protocolli di connettività a basso consumo basati su IP per la casa intelligente

Thread Group

Stati Uniti ↻

In passato, il Wi-Fi era poco efficiente per dispositivi IoT alimentati a batteria, ma Wi-Fi 6 ha introdotto funzionalità come Target Wake Time (TWT) per ridurre i consumi. Questo ha abilitato nuovi protocolli IoT senza hardware aggiuntivo. Thread, un protocollo mesh a basso consumo, offre una comunicazione sicura e scalabile. Matter, lanciato da importanti aziende tecnologiche, si basa su Thread e Wi-Fi per garantire un'interoperabilità fluida tra dispositivi smart home. ▶



Soluzione IoT per la sicurezza negli ambienti abitativi e di lavoro

Netmamo

Francia ↻

Netatmo Smart Smoke Alarm è un rilevatore di fumo autonomo connesso via Wi-Fi che invia avvisi in tempo reale allo smartphone. È dotato di un sensore fotoelettrico ad alte prestazioni e attiva un allarme di 85 dB in presenza di fumo. Con una batteria della durata di 10 anni, elimina la necessità di sostituzioni frequenti. Include anche una funzione di auto test che monitora batteria, sensore e connessione Wi-Fi, notificando eventuali problemi. L'installazione è semplice e si integra perfettamente tramite l'app Home + Security, compatibile sia con dispositivi iOS che Android.



Framework di sviluppo accelerato

Blynk Technologies Inc.

Stati Uniti ↻

Blynk è una piattaforma IoT low-code che accelera lo sviluppo di prodotti tramite drag-and-drop per app, gestione dei dispositivi e infrastruttura su cloud. Supporta una prototipazione rapida, hardware multiplatforma e integrazione fluida, permettendo soluzioni IoT veloci e scalabili con una codifica minima.



Sensori e dispositivi IoT

TEKTELIC Communications

Canada ↻

TEKTELIC progetta e produce dispositivi IoT abilitati LoRaWAN® che trasformano dati ambientali e operativi in informazioni azionabili. I sensori possono monitorare diversi parametri, tra cui temperatura, movimento, qualità dell'aria e stato delle apparecchiature, sia in ambienti interni che esterni.

Questi dispositivi vengono utilizzati in applicazioni come il tracciamento delle risorse, il monitoraggio ambientale e l'ottimizzazione delle prestazioni.



Esempi



Ojmar
Spagna



Sistemi di chiusura smart basati su IoT: OJMAR, un'azienda con oltre 90 anni di esperienza nella produzione di serrature per mobili, è passata dalla produzione di serrature meccaniche durevoli a soluzioni elettroniche abilitate IoT. Dopo un modello basato sulle vendite a tantum, oggi genera ricavi anche tramite manutenzione, software e analisi dei dati. Operando in contesti come centri sportivi aperti 24 ore su 24, OJMAR sfrutta l'IoT per la manutenzione predittiva e l'analisi dei dati degli utenti, adottando logiche di servitizzazione e trasformazione digitale.



Ikea
Svezia



IoT integrato nell'arredo (prodotto e servizio): il tavolo STARKVIND di IKEA integra un filtro dell'aria che rimuove particelle di polvere, allergeni e inquinanti dall'aria circostante, contribuendo a un ambiente più pulito e salubre nella stanza in cui si trova. È dotato di un filtro antiparticolato ottimizzato per trattenere circa il 99,5% delle particelle presenti nell'aria.



Ori Living
Stati Uniti



Appartamenti espandibili con arredi robotizzati: Fondata da Hasier Larrea, Ori Living rende la trasformazione degli spazi semplice grazie a un toolkit plug-and-play che consente ad architetti e sviluppatori di progettare ambienti abitativi più innovativi, flessibili e desiderabili. Ori introduce un modello di sviluppo dinamico che allinea meglio le esigenze di affittuari e sviluppatori, aprendo la strada a soluzioni abitative adattive e intuitive. Supportati da un decennio di innovazione, migliaia di installazioni reali e radici nella ricerca del MIT, i sistemi robotici proprietari di Ori offrono una soluzione progettuale già validata. Forniscono agli architetti gli strumenti per creare esperienze domestiche trasformative e tipologie di appartamenti che fanno risparmiare spazio, integrabili perfettamente con diverse tipologie costruttive.



Morfeus (in collaborazione con Cosmob)

Italia



Soluzioni intelligenti per la qualità del sonno: Il brand italiano Morfeus, in collaborazione con Cosmob, il Centro Tecnologico per il settore legno-arredo, ha sviluppato un materasso innovativo dotato di sensori avanzati per monitorare i parametri chiave che influenzano la qualità del sonno. Sensori integrati nel materasso rilevano temperatura, umidità e fasi del sonno, mentre sensori esterni collegati al sistema misurano condizioni ambientali della camera da letto, come temperatura, umidità, qualità dell'aria, luminosità e rumore. Tutti i dati raccolti vengono analizzati e comunicati all'utente tramite un'app dedicata per smartphone, che fornisce consigli e suggerimenti personalizzati per migliorare la qualità del sonno.



Autonomous
Stati Uniti



Scrivania Autonomous con funzionalità IA: Autonomous Desk consente la regolazione automatica dell'altezza per favorire abitudini di lavoro più sane. Durante una fase iniziale di calibrazione, l'utente imposta manualmente le altezze preferite per posizione seduta e in piedi. La scrivania registra questi dati per definire pattern di movimento personalizzati.

Una volta configurata, alterna automaticamente la posizione seduta e in piedi in base al comportamento appreso, con l'obiettivo di ridurre il tempo trascorso seduti durante la giornata. Quando rileva la presenza dell'utente al mattino, si regola automaticamente all'altezza "in piedi" preimpostata. Se rileva un periodo di seduta prolungato, invia un promemoria per invitare l'utente ad alzarsi. Una variazione regolare della postura può migliorare l'ergonomia e contribuire alla salute nel lungo periodo.



Eight Sleep
Stati Uniti



Materasso intelligente con sensori IA e tecnologie di monitoraggio della salute: EightSleep Pod utilizza sensori IoT e IA per monitorare in tempo reale parametri legati alla salute, inviare avvisi predittivi su possibili malesseri e regolare in modo adattivo temperatura e inclinazione. Si distingue per l'ottimizzazione avanzata del sonno, il monitoraggio tramite smartphone e regolazioni automatiche per un riposo personalizzato, non raggiungibili con prodotti tradizionali.

1 2

1



2



3



4



Difficoltà di implementazione: **media**Fattibilità economica: **medio-alta**

IA generativa per design personalizzato e prototipazione rapida



Descrizione

I modelli di base per la generazione di immagini rappresentano una categoria avanzata nell'ambito dell'intelligenza artificiale generativa. Sono il risultato dell'evoluzione delle reti neurali profonde (deep learning) e delle tecniche di machine learning dedicate alla generazione di contenuti visivi. Questa tecnologia consente di ottimizzare e accelerare i processi creativi, offrendo risultati di alta qualità. Nel settore del mobile, può diventare un assistente creativo intelligente per designer, architetti d'interni e altre figure coinvolte nella creazione e nella personalizzazione dei prodotti. **1**

Le origini della generazione di immagini basate su IA si devono agli importanti progressi dell'ultimo decennio. Tutto inizia nel 2014 con l'introduzione delle Generative Adversarial Networks (GAN) da parte di Ian Goodfellow, seguono poi modelli come StyleGAN, BigGAN e i diffusion model, capaci di generare volti, immagini e video realistici a partire da input come testo, schizzi, audio o dati strutturati.

Un punto di svolta arriva nel 2021 con DALL-E 1, il primo modello generativo multimodale di OpenAI in grado di ottenere risultati realmente utilizzabili nella trasformazione del testo in immagine. Questo passaggio consolida una tecnologia che per anni aveva prodotto risultati limitati, ampliando significativamente le possibilità di progettazione, comunicazione e ideazione degli spazi.

Nel 2022, la tecnologia diventa più accessibile grazie al rilascio di DALL-E 2, che migliora sensibilmente la qualità dei risultati, insieme ad altri modelli come Imagen (Google), Stable Diffusion (open source) e Midjourney. Tra il 2022 e il 2023 emergono nuove tecniche, come LoRA (Low-Rank Adaptation), che permette un addestramento più efficiente, e strumenti come ControlNet, img2img e inpainting/outpainting, che offrono un controllo maggiore su composizione, dettaglio ed estensione del canvas. Piattaforme come ComfyUI mettono inoltre a disposizione ambienti visivi per creare flussi di lavoro complessi su modelli come Stable Diffusion o Flux. **2**

Il motore principale della diffusione di questi strumenti non è solo la tecnologia in sé. Grazie a strumenti relativamente economici e di complessità moderata, oggi gli utenti possono accedere a funzionalità che in passato erano limitate ai contesti di ricerca. In parallelo, oltre all'aumento dell'offerta, nuovi strumenti e tecniche

stanno alimentando una community che sperimenta, adatta e personalizza i modelli per casi d'uso specifici. Esistono già diverse soluzioni commerciali basate su questi modelli, che vanno da piattaforme visive che esplorano nuovi modelli di (ad esempio Freepik o Krea AI), fino alle integrazioni in strumenti standard del settore come Autodesk Revit (con Veras) o SketchUp (con SketchUp Diffusion). Questo permette alle aziende di sfruttare il potenziale dell'IA generativa senza stravolgere i flussi di lavoro, facilitando l'adozione e riducendo la curva di apprendimento. **3**

L'IA generativa per immagini offre al settore del mobile un nuovo modo per esplorare e visualizzare concetti nelle fasi iniziali del processo creativo. Dalla generazione di moodboard e prototipi alla simulazione dei materiali, permette iterazioni rapide tra molte alternative, riducendo tempi e costi operativi.

Inoltre, i modelli generativi multimodali favoriscono quella che spesso viene definita Creatività Aumentata: una collaborazione fluida tra designer e intelligenza artificiale. Mentre l'IA suggerisce varianti visive, idee inaspettate o regolazioni puntuali, il professionista mantiene il controllo delle scelte strategiche.

Le sezioni seguenti approfondiranno applicazioni e impatti di questa tecnologia nel settore del mobile, dove si configura come uno strumento ad alto valore aggiunto che aumenta l'efficienza operativa, stimola l'innovazione creativa e supporta le decisioni strategiche durante tutto il processo di progettazione e prototipazione del prodotto.



Applicazione

Nel settore del mobile, l'IA generativa aiuta a rendere più snelle diverse attività chiave del processo di progettazione e prototipazione del prodotto, come la generazione di varianti visive, la revisione di prototipi o la creazione di documentazione visiva. Questo migliora l'efficienza operativa e supporta decisioni creative e tecniche. **4**

Moodboard automatizzate per concetti di design

Questi strumenti permettono ai team di design e di prodotto delle aziende del mobile di generare automaticamente moodboard a partire da descrizioni testuali o riferimenti visivi. Facilitano la sintesi di tendenze estetiche, palette di colori e combinazioni di materiali (come legno, tessuti, metalli o finiture) in composizioni visive coerenti, permettendo ai team di esplorare le tendenze emergenti del mercato in tempo reale. Contribuiscono

IA generativa per design personalizzato e prototipazione rapida

inoltre all'identificazione precoce di eventuali vincoli tecnici o preferenze dei clienti, migliorando il coordinamento tra progettazione, produzione e vendite. Questo non solo ottimizza costi e tempi, ma accelera le decisioni creative, con risultati più allineati alle aspettative dei clienti. **5**

Proposte visive durante la prototipazione del prodotto

Dalla generazione iniziale di sketch digitali alle visualizzazioni finali, questi strumenti forniscono un supporto visivo continuo durante la progettazione e la prototipazione di nuove soluzioni di arredo. I designer possono generare automaticamente molteplici varianti di prodotto a partire da un unico concept iniziale, da input testuali e/o da immagini, facilitando la negoziazione e la validazione delle soluzioni con clienti e reparti commerciali o tecnici. Questa applicazione rafforza la collaborazione interdipartimentale, permettendo una comunicazione chiara ed efficace tramite visualizzazioni concrete e realistiche del prodotto.

Scelta di materiali e finiture basata su criteri specifici

La capacità dei modelli generativi di simulare accuratamente un'ampia gamma di materiali e finiture rappresenta un vantaggio significativo per i designer di prodotto, poiché consente di lavorare seguendo criteri tecnici, funzionali e ambientali. Questi strumenti permettono una visualizzazione immediata del modo in cui diversi materiali possono essere applicati allo stesso design digitale di un arredo. Inoltre, le visualizzazioni possono essere arricchite con dati rilevanti su variabili come l'impronta di carbonio, le prestazioni tecniche o la riciclabilità. Questo supporta decisioni informate e consente la creazione di proposte non solo esteticamente efficaci, ma anche coerenti con requisiti di sostenibilità, funzionalità e fattibilità produttiva.

Esperienze virtuali immersive per la validazione dei prototipi

L'integrazione di IA generativa e tecnologie di visualizzazione immersiva, come la realtà virtuale e aumentata, è un ambito di applicazione emergente con alto potenziale per il settore del mobile. La creazione di ambienti virtuali immersivi consente di visualizzare i prototipi in contesto e di modificare in tempo reale finiture o layout degli spazi. Questo rende più agili e solide le decisioni, sia tecniche che estetiche. I prototipi virtuali ottimizzano i tempi e i costi associati alla realizzazione di modelli fisici e migliorano significativamente le capacità di comunicazione e negoziazione con clienti e team di produzione. **6**

Automazione della documentazione tecnica visiva

Le attività ripetitive legate alla preparazione di schede tecniche visive, piani dettagliati e rendering finali possono essere automatizzate utilizzando strumenti

generativi. Questo permette ai designer di concentrarsi su attività creative di maggior valore, come lo sviluppo visivo di nuove soluzioni, l'esplorazione dello stile o la personalizzazione delle proposte per il clienti. L'automazione aumenta la coerenza visiva e accelera la produzione della documentazione grafica; inoltre espande la capacità del team di generare asset visivi che arricchiscono il progetto e lo differenziano in ogni fase del processo di progettazione.



Aspetti dell'implementazione

■ Difficoltà di implementazione: media

L'uso di strumenti di IA generativa come Krea o VIZCOM comporta un costo contenuto e permette ai team di iniziare a lavorare su prototipi visivi senza grandi ostacoli. Il livello di difficoltà aumenta nel caso sviluppi personalizzati e ambienti più specialistici, come Stable Diffusion, che richiedono maggiori investimenti tecnici e finanziari. Inoltre, l'integrazione di questi strumenti nei flussi di lavoro esistenti può creare delle difficoltà all'interno delle organizzazioni. Per questo è essenziale promuovere una trasformazione organizzativa che riduca la resistenza al cambiamento, formi i team sull'uso degli strumenti e su come formulare istruzioni efficaci, e incoraggi la sperimentazione creativa.

■ Fattibilità economica: medio-alta

L'investimento richiesto dipende dal tipo di soluzione: l'utilizzo di strumenti già disponibili comporta costi contenuti, mentre lo sviluppo personalizzato richiede un investimento iniziale più elevato. Tuttavia, il ritorno sull'investimento (ROI) può essere significativo grazie all'accelerazione dei processi creativi e a una minore necessità di prototipi fisici di arredi, con un risparmio in termini di tempo e materiali. Esistono opzioni flessibili, da soluzioni interne a servizi esterni, che consentono di adeguare la spesa al livello di maturità digitale e alle capacità disponibili in azienda.

■ Fattori umani

L'integrazione dell'IA generativa nei flussi creativi apre nuove opportunità, permettendo ai professionisti di concentrarsi su attività di maggior valore. Questi strumenti automatizzano le attività ripetitive, come la generazione di varianti visive o la produzione di documentazione grafica, liberando tempo per esplorare soluzioni innovative, sperimentare nuovi stili o adeguare le proposte a contesti specifici. Inoltre, consentono un dialogo fluido tra designer e macchina, in cui l'IA agisce come co-creatore: propone, regola e visualizza, mentre la persona prende decisioni strategiche, seleziona le

opzioni migliori e le rifinisce con giudizio. Questo approccio collaborativo aumenta la produttività e rafforza la creatività applicata, migliorando anche la qualità complessiva del risultato finale.

Per integrare questa tecnologia in modo efficace, tuttavia, è necessario affrontare alcune criticità. Innanzitutto, l'azienda deve promuovere un cambiamento culturale che posizioni l'IA come un supporto affidabile, non come concorrente.

Servono formazione strutturata sull'ingegneria dei prompt (istruzioni all'IA), capacità di interpretazione critica dei contenuti generati e sviluppo dell'alfabetizzazione visiva per valutare i risultati assistiti dall'IA.

È altrettanto importante gestire gli aspetti critici: chiarire capacità e limiti dei modelli, definire l'attribuzione o la paternità degli asset generati e documentare origine e utilizzo dei dati impiegati per l'addestramento.

Possono inoltre emergere nuovi ruoli, come "AI Design Strategist" o "Prompt Curator", che richiedono competenze ibride tra direzione creativa e alfabetizzazione all'IA.

Infine, una comunicazione aperta tra i team HR, del design e IT è fondamentale per creare un percorso di adozione sicuro e coinvolgente, che favorisca feedback, sperimentazioni e apprendimento continuo.

Un'implementazione responsabile e centrata sulle persone garantisce che l'IA migliori, e non sostituisca, il professionista creativo, rafforzandone ruolo e impatto all'interno di un processo di progettazione digitalmente evoluto.

■ Fattori ambientali

Se applicata al design di arredi e di interni, l'IA generativa può ridurre significativamente l'impatto ambientale dei processi creativi e produttivi. Convalidare digitalmente concept, prototipi e materiali prima della produzione riduce gli sprechi dovuti a errori o test non necessari ed evita la creazione di rifiuti fisici. Queste tecnologie consentono anche di simulare scenari d'uso, valutare in anticipo la fattibilità di soluzioni sostenibili e ottimizzare i processi per ridurre i consumi energetici. Inoltre, aprono nuove possibilità per integrare principi di economia circolare, come modularità, riparabilità e riciclabilità.

Tuttavia, alcuni impatti ambientali devono essere monitorati. Secondo varie fonti, l'addestramento di modelli avanzati può generare più di 500 tonnellate di CO₂ e i

data center consumano grandi volumi di risorse, fino a 216 milioni di litri d'acqua a settimana per il raffreddamento. Inoltre, la rapida obsolescenza hardware potrebbe portare a circa 5 milioni di tonnellate di rifiuti elettronici entro il 2030.

Oltre al consumo di elettricità e acqua, l'hardware stesso, in particolare GPU e chip specializzati, richiede molte risorse per essere prodotto. Questi dispositivi contengono elementi delle terre rare e metalli preziosi, come cobalto, oro e neodimio, con impatti ambientali e criticità sociali legate all'estrazione mineraria. L'aggiornamento frequente dell'hardware per supportare modelli più grandi aggrava la produzione di rifiuti elettronici e riduce la vita utile delle apparecchiature.

In questo contesto, strumenti basati sull'IA possono supportare la conformità al Regolamento Ecodesign (UE 2024/1781), che promuove la progettazione di prodotti durevoli e sostenibili. Allo stesso modo, l'adozione di energie rinnovabili nelle aziende che utilizzano l'IA, incoraggiata dalla Direttiva (UE) 2018/2001, può rafforzare i benefici ambientali di queste soluzioni. Inoltre, l'AI Act, in vigore da agosto 2024, richiede che venga valutato l'impatto ambientale dell'IA, promuovendo un'adozione più responsabile e trasparente. Per implementare queste tecnologie in modo coerente dal punto di vista ambientale, è consigliabile selezionare strumenti con una domanda energetica inferiore, dimensionarne l'uso tenendo conto delle esigenze reali e definire metriche interne per monitorare nel tempo l'impatto ecologico.

■ Allineamento a certificazioni e normative

Nel settore del mobile, l'IA generativa può supportare la conformità alla marcatura CE tramite simulazioni digitali che verificano i requisiti prima della produzione, soprattutto per prodotti soggetti a norme specifiche, come arredi per bambini o articoli con componenti elettrici. Può inoltre contribuire alla generazione di dati accurati per le Dichiarazioni Ambientali di Prodotto (EPD), ottimizzare la selezione dei materiali e stimare l'impronta di carbonio, aiutando le aziende a rispettare standard come ISO 14025 e i requisiti di certificazione ambientale richiesti da gare pubbliche e mercati internazionali.

5



6



IA generativa per design personalizzato e prototipazione rapida



Soluzioni



Generazione di immagini 40

OpenAI

Stati Uniti ⇌

Il modello 40 di OpenAI consente di generare immagini altamente realistiche da prompt testuali, sketch o foto di riferimento. Migliora i flussi di lavoro creativi permettendo ai designer di visualizzare rapidamente i concept ed esplorare alternative di design senza ricorrere al rendering 3D tradizionale o alla prototipazione fisica, accelerando in modo significativo lo sviluppo delle idee nelle fasi iniziali in ambiti come il design di arredi e prodotti.



Generatore di immagini Midjourney

Midjourney

Stati Uniti ⇌

Midjourney è un generatore testo-immagine noto per la produzione di immagini stilizzate e artistiche a partire da semplici input testuali. È ampiamente utilizzato da designer e creativi per visualizzare rapidamente moodboard, atmosfere e concept estetici, ed è uno strumento efficiente per brainstorming e visualizzazione preliminare in settori creativi come il design del mobile e il design industriale.



Piattaforma Generativa Krea.ai

Krea.ai

Stati Uniti ⇌

Krea.ai offre una piattaforma di design generativo che trasforma sketch, foto o testi in immagini rifinite e di alta qualità. Pensato per professionisti creativi, lo strumento supporta una rapida ideazione visiva e la generazione di varianti, permettendo di testare in tempo reale molteplici idee di design per l'arredo e favorendo l'innovazione senza ricorrere a processi di rendering manuale.



Strumento di prototipazione Vizcom AI

Vizcom

Stati Uniti ⇌

VIZCOM è uno strumento basato su IA progettato per la prototipazione di prodotti tramite la generazione di immagini in tempo reale. Convertendo sketch o testo in rappresentazioni visive dettagliate, permette ai designer di iterare rapidamente forme e caratteristiche dei prodotti. È particolarmente utile nel design industriale e del mobile, poiché unisce la fase di ideazione alla visualizzazione di concept più maturi.



Strumento di rendering basato su IA

Rendair

Spagna ⇌

Rendair offre soluzioni di rendering basate su IA che trasformano sketch, foto e planimetrie in contenuti visivi di alta qualità. Accelera lo sviluppo del prodotto e la pianificazione degli spazi offrendo alternative di prototipazione rapide ed economiche per i professionisti del settore del mobile dell'interior design.



Stable Diffusion

Stability AI

Regno Unito ⇌

Stable Diffusion è un modello di generazione di immagini open-source che trasforma testo o immagini in visualizzazioni fotorealistiche. La flessibilità e il livello di controllo lo rendono ideale per la prototipazione di mobili o prodotti su misura, permettendo di iterare su stile, materiali e forme senza costosi strumenti di rendering o mock-up fisici, aumentando la sperimentazione creativa e la velocità.



Furniture Generator

OpenArt AI

Stati Uniti ⇌

OpenArt AI Furniture Generator crea immagini realistiche di mobili a partire da prompt testuali, foto o sketch. Aiuta designer e produttori a visualizzare rapidamente i prodotti, riducendo i costi di prototipazione e accelerando il processo creativo grazie all'esplorazione rapida dei concept senza campioni fisici.



Piattaforma Visualize AI

Visualize AI

India ⇌

Visualize AI offre una piattaforma intuitiva per generare rendering dettagliati di prodotti e ambienti a partire da sketch, foto o planimetrie. Supporta designer di arredi e interior designer semplificando la prototipazione e accelerando la produzione di contenuti visivi, migliorando il processo decisionale e la comunicazione con clienti e stakeholder.



Piattaforma di Rendering AI Space

Spacely AI

Thailandia ⇌

Spacely AI è specializzata nella generazione di rendering fotorealistici degli spazi abitativi a partire da immagini o testo, aiutando a visualizzare layout e inserimento degli arredi. L'approccio basato su IA riduce la dipendenza dai metodi di rendering tradizionali, con un risparmio di tempo e costi nella progettazione di interni e in ambito architettonico.

**AI Agent per il design***Oda AI**Stati Uniti* ↔

Oda AI Agent sfrutta l'intelligenza artificiale per creare visualizzazioni dettagliate di prodotti e ambienti a partire da input diversi, tra cui sketch e testo. Supporta il settore del mobile e degli spazi abitativi rendendo più snelli i processi di prototipazione e consentendo iterazioni rapide dei concept di design.

**Piattaforma per la generazione di contenuti visivi***Presti AI**Stati Uniti* ↔

Presti AI consente di generare rendering realistici di mobili e ambienti a partire da testo o immagini, aiutando i designer nella prototipazione e nella visualizzazione rapida. La piattaforma migliora i flussi creativi riducendo la necessità di campioni fisici e rendering tradizionali, aumentando l'efficienza nei progetti di design.

**Applicazione di rendering basata su IA***Fermat**Spagna* ↔

L'app di Fermat, basata su IA, produce rendering fotorealistici di prodotti e ambienti a partire da sketch, foto o descrizioni testuali. Orientata ai mercati dell'arredamento e dell'interior design, aiuta a ridurre i tempi e i costi di prototipazione e facilita la visualizzazione rapida dei concept.

**Strumento di riprogettazione interna consapevole del contesto***Interior AI**Stati Uniti* ↔

Interior AI offre una piattaforma basata su IA che riprogetta ambienti interni proponendo arredi, stili e layout in base al contesto esistente. Consente di esplorare immediatamente molteplici scenari di arredamento, supportando la creatività e il processo decisionale nei progetti di interior design.

**Assistente IA per l'interior design***RoomGPT**Stati Uniti* ↔

RoomGPT utilizza l'IA per generare varie alternative di interior design a partire da foto degli utenti, proponendo nuovi layout e stili di arredo. È uno strumento rapido e semplice che aiuta privati e professionisti a visualizzare diverse opzioni di arredamento senza attività manuali di riprogettazione.

**Piattaforma di interior redesign basata su IA***REImagine Home**Canada* ↔

REImagine Home sfrutta l'IA per offrire soluzioni di redesign d'interni consapevoli del contesto. Propone arredi, layout e stili calibrati in base all'ambiente dell'utente, permettendo di esplorare rapidamente molteplici scenari e supportando decisioni informate con il minimo sforzo.

**Strumento IA per la selezione di materiali e finiture***Polaron AI**Regno Unito* ↔

Polaron AI è specializzata nella selezione di materiali e finiture basata su IA, ottimizzando le scelte in base a criteri estetici, tecnici e ambientali. Integra gli strumenti di interior design aiutando i professionisti a scegliere i materiali più adatti per mobili e ambienti, migliorando la sostenibilità e la qualità del design.

IA generativa per design personalizzato e prototipazione rapida



Esempi



Kartell

Italia



Una collezione di arredi progettata dal team di Kartell in collaborazione con l'IA generativa, che esplora nuove forme estetiche e funzionali attraverso la co-creazione uomo-macchina nel design del prodotto.



Studio Snoop

Australia



Studio di design che presenta Tilly Talbot, una designer virtuale basata su IA generativa. Tilly collabora con il team umano per creare nuovi pezzi di arredo, inclusi sgabelli surreali, realizzati ed esposti nel 2023 come esempio di co-creazione tra IA e designer.



StagenHome

Spagna



Piattaforma basata sull'intelligenza artificiale generativa che trasforma immagini reali di ambienti vuoti in proposte di arredamento in vari stili. Genera automaticamente sia gli arredi che l'ambientazione, offrendo visualizzazioni realistiche che permettono di esplorare diverse alternative di design in pochi secondi. È ideale per sperimentare layout, stili e finiture senza bisogno di rendering manuali.



Juliettes Interiors

Regno Unito



Azienda che ha trasformato la richiesta verbale di un cliente in un prodotto reale tramite un processo collaborativo avviato con concept generati dall'IA. I concept sono stati sviluppati in disegni tecnici e poi realizzati da artigiani esperti, dando vita a un set da pranzo su misura che bilancia innovazione, funzionalità e alta qualità esecutiva.



Meridiani

Italia



Piattaforma di interior design basata su IA generativa attualmente in sviluppo. Lo strumento crea visualizzazioni personalizzate degli ambienti in tempo reale, aiutando designer e clienti ad accelerare e semplificare le fasi iniziali del progetto, mantenendo un forte focus su personalizzazione, creatività ed esperienza utente.



HC28 Cosmo

Cina



La poltrona TWISTY MINI di Roderick Vos per HC28 COSMO è stata ispirata da immagini concettuali generate con l'IA. La forma continua ad anello nasce dall'interpretazione di visual generativi tradotti in design fisico. Questo pezzo scultoreo esemplifica il dialogo tra intelligenza artificiale e creatività umana, trasformando un'estetica algoritmica in un oggetto d'arredamento giocoso ed ergonomico.



Paola Lenti

Italia



La collezione "Alma" di Paola Lenti del 2025 è stata co-progettata con Francisco Gomez Paz utilizzando algoritmi generativi. L'IA ottimizza telai in acciaio inox leggeri realizzati tramite CNC, consentendo dimensioni personalizzate potenzialmente illimitate e sedute sostenibili senza imbottitura. Il caso mostra una personalizzazione su scala industriale, cicli di prototipazione più brevi e riduzione dei sprechi di materiali ed energia.

13

1



2



3



4



Difficoltà di implementazione: **media**Fattibilità economica: **medio-alta**

Sistemi di gestione della conoscenza basati su IA



Descrizione

I foundation model (modelli di base) rappresentano una delle innovazioni più significative nell'intelligenza artificiale degli ultimi decenni. Prima della loro diffusione, sviluppare soluzioni di IA in grado di gestire testi complessi o contenuti articolati richiedeva spesso l'addestramento dei modelli da zero, con costi elevati e tempi lunghi. Grazie alla loro versatilità e capacità di adattamento, i foundation model come GPT, PaLM o Claude, consentono alle aziende di ottenere risultati concreti con un investimento iniziale più contenuto rispetto agli sviluppi IA tradizionali. Questo rende più semplice sperimentare casi d'uso reali senza dover sostenere da subito risorse significative.

In particolare, i Large Language Models (LLM) sono diventati una tecnologia di riferimento all'interno dell'ecosistema dei foundation model. Addestrati su enormi quantità di testo, questi modelli sono in grado di comprendere, elaborare e generare testi con linguaggio naturale, producendo contenuti coerenti e adattandosi a contesti diversi. Se combinati con altre tecniche di IA, permettono un'interazione rapida, conversazionale e accurata con la documentazione aziendale, indipendentemente dal formato in cui è archiviata, e stanno trasformando il modo in cui le organizzazioni gestiscono, interrogano e condividono le conoscenze interne. ¹

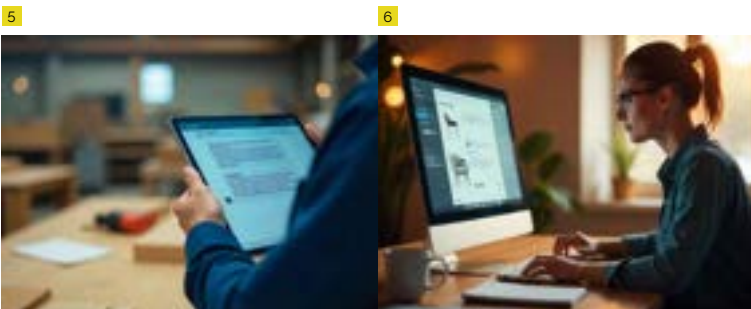
L'adozione di questa tecnologia nel settore del mobile e dell'habitat offre uno strumento strategico per ottimizzare la gestione documentale, la formazione interna e la conformità normativa. Gli LLM permettono di estrarre informazioni chiave da manuali, norme, schede tecniche e qualsiasi altra documentazione, rendendo la conoscenza aziendale più accessibile e contestualizzata. Questo riduce il tempo dedicato alla ricerca di informa-

zioni, migliora l'accuratezza delle decisioni e supporta la continuità operativa tra i team. ²

Una delle applicazioni più efficaci di questa tecnologia è tramite i cosiddetti assistenti alla conoscenza: sistemi conversazionali collegati alle fonti di informazione interne, come database, documenti tecnici, intranet o piattaforme cloud, che restituiscono risposte mirate in base al contesto dell'utente. Questi assistenti permettono di consultare procedure, requisiti di produzione, normative o specifiche tecniche di prodotto senza dover verificare manualmente ogni singola fonte. Il risultato è un'esperienza fluida e naturale, che facilita l'adozione a tutti i livelli dell'organizzazione, dagli operatori di reparto ai responsabili della qualità o dello sviluppo prodotto.

Queste soluzioni si basano su infrastrutture scalabili che utilizzano API e servizi cloud, sono quindi relativamente semplici da integrare con i sistemi esistenti e adattabili alle dimensioni e alla maturità digitale di ogni azienda. Sono inoltre progettate con un approccio *human-in-the-loop*, in cui gli utenti interagiscono con il sistema, validano le risposte e contribuiscono a correggerle o affinarle. Questo aumenta l'accuratezza e l'affidabilità e garantisce che la soluzione resti allineata alle esigenze reali del team, mantenendo un equilibrio tra automazione e supervisione umana. ³

Le applicazioni nel settore del mobile sono ampie e concrete: analisi documentale a sostegno di progettazione o produzione, supporto alla conformità normativa nelle certificazioni di prodotto, assistenza interna nei processi di quality assurance o persino supporto tecnico automatizzato per clienti e distributori. In un contesto in cui le informazioni sono abbondanti ma frammentate, questa tecnologia è un alleato chiave per rendere la conoscenza aziendale più accessibile, strutturata e utile. Come vedremo nelle sezioni seguenti, l'impatto di questa tecnologia va oltre l'automazione: il valore risiede nella capacità di favorire una cultura organizzativa più connessa, efficiente e basata sulla conoscenza.





Applicazione

L'IA generativa applicata alla gestione della conoscenza nel settore del mobile permette alle aziende di organizzare, interrogare ed estrarre rapidamente informazioni da documentazione aziendale complessa, come procedure interne, manuali, protocolli di gestione della qualità o informazioni sugli appalti pubblici, semplificando il lavoro di diversi ruoli e reparti. **4**

Accesso intelligente e organizzazione della conoscenza aziendale

L'IA generativa funge da ponte tra reparti come progettazione, ingegneria, produzione e vendite, facilitando l'accesso alla documentazione chiave, ad esempio procedure interne, manuali tecnici, istruzioni di montaggio e altro. Questo migliora il trasferimento di conoscenze tra i team e accelera l'onboarding, aspetto particolarmente utile per aziende con processi complessi o alto turnover del personale. Inoltre, consente a figure amministrative o manageriali di reperire informazioni senza dover dipendere costantemente dal personale tecnico. **5**

Assistente IA per sistemi di gestione della qualità

Se integrato in piattaforme di qualità, l'assistente può assistere nella consultazione dei protocolli, nell'accesso alla documentazione tecnica, nella ricerca di incidenti simili o nel recupero di registrazioni di non conformità. In questo modo responsabili della qualità e tecnici di stabilimento possono ottimizzare la gestione documentale, ridurre gli errori e semplificare i processi di ispezione, audit e miglioramento continuo.

Analisi automatizzata di gare d'appalto e contratti

Gli assistenti basati su IA generativa possono estrarre e sintetizzare rapidamente informazioni chiave da gare pubbliche o contratti complessi, ad esempio budget, scadenze, requisiti tecnici o clausole normative. Questa funzione è particolarmente utile per figure come responsabili acquisti, direttori commerciali o personale tecnico che devono valutare la fattibilità di una proposta senza dover esaminare manualmente documenti estesi. **6**

Analisi della documentazione sulla responsabilità sociale d'impresa (CSR)

I sistemi di gestione della conoscenza basati su IA possono identificare automaticamente le informazioni rilevanti nei documenti di sostenibilità o normative ambientali e sociali. Assistono i reparti qualità, sostenibilità o conformità nell'analisi degli indicatori chiave relativi a materiali, condizioni di lavoro, emissioni, pratiche di economia circolare e altro. Questo facilita la reportistica e aiuta a soddisfare i requisiti del cliente o della certificazione.



Aspetti dell'implementazione

■ Difficoltà di implementazione: media

Il livello di difficoltà dipende da come viene utilizzata la tecnologia, può andare da semplici interrogazioni con strumenti come ChatGPT, che richiedono competenze tecniche limitate, a sviluppi avanzati con sistemi multi agente, integrazione con altre tecnologie e prompt progettati in modo specifico. Integrazioni profonde con sistemi come ERP o CAD aumentano complessità e costi, e l'adozione richiede inoltre un cambiamento organizzativo, prevedendo anche formazione dei team e validazione umana. Per un utilizzo sicuro ed efficace, è opportuno definire misure di governance dei dati, come il controllo degli accessi, l'anonimizzazione e la crittografia, e adattare i modelli al lessico, ai flussi di lavoro e agli standard di conformità specifici del settore legno-arredo, tramite fine-tuning, incorporazioni personalizzate o documentazione interna.

■ Fattibilità economica: medio-alta

L'utilizzo di soluzioni già disponibili sul mercato, che si collegano facilmente ad altri strumenti digitali tramite integrazioni standard, offre un punto di ingresso accessibile con costi iniziali contenuti. L'investimento cresce quando serve un livello maggiore di personalizzazione o integrazione con i sistemi interni. In cambio, questi strumenti riducono significativamente il tempo e le risorse dedicate ad attività manuali, migliorano la qualità delle decisioni e aumentano l'efficienza operativa. Inoltre, la soluzione è scalabile e adattabile alla crescita organizzativa e alle specifiche esigenze aziendali.

■ Fattori umani

L'adozione di assistenti alla conoscenza e strumenti di IA generativa trasforma il modo in cui i team accedono, gestiscono e consultano le informazioni interne. Automatizzando attività ripetitive, come la ricerca manuale di documenti, l'interpretazione dei regolamenti o la verifica delle procedure, queste soluzioni liberano tempo per attività di maggior valore, come miglioramento continuo, analisi dei processi, risoluzione di problemi complessi e decisioni strategiche. Questa redistribuzione del tempo favorisce una cultura più efficiente e collaborativa, in cui le persone agiscono come supervisori, interpreti e amplificatori delle conoscenze organizzative. Passano dal recupero delle informazioni alla cura della conoscenza, contribuendo a migliorare la qualità dei dati e la prontezza decisionale.

Inoltre, semplificando l'accesso a normative, manuali e procedure complesse tramite un linguaggio naturale, è più semplice integrare anche profili non tecnici nei processi di gestione chiave.

Questo è particolarmente importante per l'inserimento di nuovi dipendenti o per coinvolgere profili provenienti dai dipartimenti HR, legali di o sostenibilità.

Sebbene gli strumenti siano progettati per essere intuitivi, un'adozione efficace richiede programmi di onboarding strutturati e workshop pratici personalizzati per ruoli diversi.

I team devono acquisire competenze su formulazione delle richieste, tecniche di interrogazione specifiche e capacità di valutare in modo critico i contenuti generati dall'IA.

Queste competenze migliorano la qualità delle interazioni con il sistema e rafforzano l'autonomia dell'utente, la maturità digitale e la collaborazione trasversale.

Integrare con successo l'IA generativa nei flussi di lavoro della conoscenza richiede un cambiamento culturale, sostenuto da leadership e risorse umane, verso l'apprendimento continuo, la fiducia nella collaborazione umano-IA e l'allineamento agli obiettivi organizzativi.

Figure di riferimento interne specializzate in IA, reti di apprendimento tra pari e comunicazioni trasparenti su capacità e limitazioni dello strumento facilitano ulteriormente l'adozione.

■ Fattori ambientali

Gli assistenti della conoscenza basati su IA contribuiscono a una gestione documentale più sostenibile, perché riducono la necessità di stampare manuali, report o schede tecniche. La consultazione digitale elimina l'uso di carta, materiali per rilegatura e supporti fisici di archiviazione come faldoni, hard disk esterni o chiavette USB. Centralizzare le informazioni negli ambienti digitali riduce inoltre la dipendenza da stampanti e archivi fisici, riducendo il consumo energetico e l'impronta ambientale negli ambienti d'ufficio e industriali. Aggiornamenti dei contenuti in tempo reale, controllo delle versioni e riduzione della circolazione di documenti obsoleti migliorano la tracciabilità e ottimizzano l'uso delle risorse digitali.

Queste soluzioni riducono anche duplicazioni di lavoro e materiali, poiché facilitano l'accesso a standard interni, procedure o report già esistenti, risparmiando tempo e risorse nella creazione di nuova documentazione. Tuttavia, è importante considerare che l'esecuzione di modelli IA aumenta i consumi energetici, sia nella fase di addestramento sia nell'uso continuo dell'infrastruttura digitale.

La fase di formazione è uno degli aspetti più gravosi per il punto di vista ambientale. Addestrare un modello linguistico di grandi dimensioni (LLM) come GPT-4 richiede miliardi di parametri ed enormi volumi di dati, con milioni di ore GPU in ambienti di calcolo ad alte prestazioni (HPC). Ciò comporta consumi elevati di elettricità e acqua e può generare emissioni di carbonio

significative, soprattutto quando l'energia proviene da mix elettrici fortemente basati su combustibili fossili.

Anche l'hardware necessario per addestrare e far funzionare questi modelli, come GPU, TPU e server di supporto, ha un impatto ambientale rilevante, poiché dipende da elementi delle terre rare e silicio ad alta purezza.

Inoltre, i rapidi cicli di aggiornamento dell'hardware IA aumentano la pressione sull'estrazione e lo smaltimento delle risorse, con un incremento dei rifiuti elettronici.

Una volta implementati, gli assistenti IA richiedono risorse computazionali sostanziali per rispondere alle richieste degli utenti in tempo reale. Di norma sono ospitati su piattaforme cloud e data center, contribuendo alla crescita della domanda di elettricità e all'impatto ambientale del settore digitale. Inoltre, gli assistenti IA si basano su archiviazione, recupero e integrazione dei dati su basi di conoscenza estese, aumentando ulteriormente la domanda di infrastrutture digitali.

Tuttavia, i benefici in termini di efficienza, digitalizzazione e riduzione dell'uso di supporti fisici possono compensare parte dell'impatto, soprattutto se si adottano buone pratiche e si orientano le organizzazioni verso ambienti tecnologici più efficienti dal punto di vista energetico.

■ Allineamento a certificazioni e normative

Le soluzioni basate su IA generativa devono conformarsi al Regolamento Generale sulla Protezione dei Dati (GDPR) e possono supportare l'implementazione di standard come ISO 9001 (sistemi di gestione della qualità), ISO 14001 (gestione ambientale) e ISO 26000 (responsabilità sociale). Promuovono una gestione della conoscenza più efficiente, sicura e tracciabile, garantendo il controllo degli accessi, la trasparenza e la coerenza con i valori aziendali e con i sistemi di gestione adottati nel settore.

Sistemi di gestione della conoscenza basati su IA



Soluzioni



Bidbrief - Sistema di gestione delle gare d'appalto

Sciling

Spagna ↔

Bidbrief è una soluzione sviluppata da Sciling che utilizza agenti IA per analizzare capitolati di gara e documentazione tecnica. Supporta le aziende manifatturiere nell'accelerare le decisioni riguardanti la partecipazione a gare, appalti pubblici o processi di procurement e finanziamento.



Document Intelligence

SambaNova

Stati Uniti ↔

SambaNova Document Intelligence combina l'IA generativa e l'IA convenzionale per offrire accesso conversazionale a documenti tecnici e operativi. Aiuta le aziende del settore del mobile ad analizzare, classificare e interrogare regolamenti, manuali e fatture, automatizzando i flussi di lavoro documentali e supportando il personale tecnico in sito, con benefici su conformità e riduzione dei tempi di ricerca.



Elaborazione intelligente dei documenti (IDP)

Appian

Stati Uniti ↔

L'elaborazione intelligente dei documenti di Appian combina tecnologie IA per automatizzare l'estrazione, la classificazione e la consultazione di documentazione tecnica, come SOP, manuali e schede tecniche. L'integrazione con i sistemi aziendali aumenta l'efficienza operativa, consentendo un supporto interno più rapido e garantendo la conformità normativa nel settore del mobile.



Squint.ai Copilot

Squint.ai

Stati Uniti ↔

Squint.ai Copilot utilizza una combinazione di IA generativa e IA tradizionale per consentire un'interazione conversazionale con documenti tecnici e operativi. Consente recupero e validazione rapidi dei dati nei flussi di lavoro del settore del mobile, automatizza l'analisi dei documenti e fornisce assistenza al personale in loco, migliorando la conformità e riducendo il carico di lavoro manuale.



Eddy (gestione della conoscenza basata su IA)

Document360

Regno Unito ↔

Eddy di Document360 utilizza l'IA generativa e assistenti conversazionali per migliorare l'accesso alla conoscenza interna. Consente interrogazioni rapide di documenti tecnici, normative e procedure, supportando l'onboarding, la risoluzione di problemi e la conformità nei settori del mobile e manifatturiero, migliorando così la gestione della conoscenza e l'efficienza operativa.



Navex AI Assistant

Navex

Stati Uniti ↔

Navex AI Assistant utilizza l'IA per semplificare l'accesso ai documenti relativi alla conformità e alle conoscenze interne. Supporta le aziende del settore del mobile nell'orientarsi tra normative e standard di qualità, accelerando la risoluzione dei problemi, l'onboarding e l'adesione alle politiche interne tramite interazioni conversazionali.



Piattaforma di conoscenza basata su IA

Sinequa

Francia ↔

Sinequa offre una piattaforma di conoscenza basata su IA che sfrutta l'IA generativa per fornire un accesso rapido e contestualizzato alle informazioni aziendali. Aiuta le aziende del settore del mobile a consultare rapidamente documenti tecnici e dati interni, accelerando il processo decisionale e migliorando la conformità e la condivisione delle conoscenze tra i team.



Ricerca e informazioni insight della conoscenza basati su IA

Mindbreeze - Austria ↔

Mindbreeze fornisce ricerca e insight della conoscenza basati su IA, permettendo alle aziende di accedere e analizzare documenti tecnici, normative e procedure. Gli assistenti conversazionali migliorano il recupero della conoscenza interna, supportando onboarding e conformità nel settore del mobile e in ambiti correlati.



Piattaforma di gestione della conoscenza basata su IA

Zive - Stati Uniti ↔

Zive integra strumenti di IA generativa e conversazionali per facilitare un accesso rapido a conoscenze interne e documenti. Supporta le aziende del settore del mobile migliorando l'efficienza nella ricerca delle informazioni, la risoluzione dei problemi, la conformità e un'esperienza di onboarding più fluida.

Piattaforma per la gestione della conoscenza Thron AI

Thron - Italia ↔

La piattaforma IA di Thron potenzia la gestione della conoscenza consentendo l'accesso immediato a documenti, contratti e procedure aziendali. Gli assistenti IA aiutano i professionisti del settore del mobile a reperire rapidamente le informazioni rilevanti, garantendo la conformità e supportando l'efficienza operativa tramite un'organizzazione intelligente dei dati.

Gestione della conoscenza Guru

Guru
Stati Uniti ↔

Guru sfrutta IA e assistenti conversazionali per migliorare la condivisione e il recupero delle conoscenze all'interno delle organizzazioni. Permette alle aziende del settore del mobile di accedere istantaneamente a documenti tecnici, normative e best practice, accelerando l'onboarding, la risoluzione dei problemi e la conformità agli standard di qualità.

Piattaforma IA per il lavoro

Glean
Stati Uniti ↔

La piattaforma IA per il lavoro di Glean utilizza l'IA generativa per offrire accesso conversazionale alla conoscenza aziendale. Aiuta i professionisti del settore del mobile a trovare rapidamente documenti, normative e procedure, supportando un onboarding efficiente, la conformità e la comunicazione interna tramite un reperimento delle informazioni fluido.

Piattaforma IA SquirroGPT

Squirro
Svizzera ↔

SquirroGPT combina IA generativa e analisi dei dati per migliorare la gestione della conoscenza. Offre alle aziende del settore del mobile accesso conversazionale a documentazione interna e insight, semplificando la conformità, il supporto tecnico e il processo decisionale attraverso la diffusione rapida e contestuale delle informazioni rilevanti.

Grafico dinamico delle competenze

Starmind
Svizzera ↔

Starmind crea grafici dinamici delle competenze analizzando comunicazioni di email, Jira e Teams per instradare le domande interne verso gli esperti più adeguati. Ampiamente utilizzato in manifattura e R&S, accelera la risoluzione dei problemi e la condivisione delle conoscenze garantendo al contempo la conformità al GDPR, a beneficio dei flussi di lavoro del settore del mobile.

Piattaforma Einstein 1

Salesforce
Stati Uniti ↔

Salesforce Einstein 1 integra l'IA su dati e flussi di lavoro aziendali utilizzando strumenti low-code. Automatizza le attività e fornisce insight personalizzati, migliorando l'efficienza delle vendite e della gestione della conoscenza. Le aziende del settore del mobile possono beneficiare di processi più snelli e di un maggiore coinvolgimento dei clienti grazie alla connettività dati basata su IA.

Zoho CRM con Zia AI

Zoho
India ↔

Zoho CRM, alimentato da Zia AI, prevede l'esito dei lead, suggerisce i tempi di contatto migliori, genera messaggi personalizzati e fornisce report sulle performance. Questo CRM potenziato dall'IA aiuta i team di vendita del settore del mobile ad aumentare l'efficienza, ridurre i costi operativi e migliorare la gestione delle relazioni con i clienti attraverso l'automazione basata sui dati.

Framework open-source per lo sviluppo di applicazioni IA

LangChain - N/A (Open-Source) ↔

LangChain è un framework open-source che consente alle aziende di sviluppare, personalizzare e integrare applicazioni IA con un maggiore controllo su dati e flussi di lavoro. Supporta lo sviluppo di modelli linguistici avanzati e strumenti di intelligenza artificiale, aiutando a ridurre il lock-in dei fornitori e a favorire l'innovazione interna.

Framework Open-Source NLP

Haystack
N/A (Open-Source) ↔

Haystack è un framework open-source NLP pensato per costruire sistemi scalabili di ricerca documentale e di risposta a domande. Permette di creare soluzioni IA personalizzabili per una comprensione approfondita dei documenti, riducendo la dipendenza dai fornitori commerciali e consentendo un'integrazione personalizzata con l'infrastruttura IT esistente.

Modello linguistico open-source di grandi dimensioni

LLaMA - N/A (Open-Source) ↔

LLaMA, sviluppato da Meta AI, è un modello linguistico open-source di grandi dimensioni che permette alle organizzazioni di eseguire elaborazioni linguistiche IA avanzate sulla propria infrastruttura. Offre flessibilità, una riservatezza dei dati maggiore e possibilità di personalizzazione, riducendo la dipendenza dai fornitori di IA commerciali.

Sistemi di gestione della conoscenza basati su IA



Modello linguistico open-source di grandi dimensioni

Mistral

N/A (Open-Source) ⇄

Mistral è un modello linguistico open-source di grandi dimensioni focalizzato su capacità avanzate di comprensione del linguaggio. Supporta le aziende che cercano strumenti IA personalizzabili con pieno controllo sui dati e sui processi, riducendo i rischi di lock-in dei fornitori e favorendo l'innovazione.



Framework RAG (Retrieval-Augmented Generation)

RAGFlow

Cina ⇄

RAGFlow è un motore open-source specializzato in Retrieval-Augmented Generation, che consente di comprendere documenti complessi come PDF, immagini e database. Fornisce risposte basate su IA su citazioni e si integra facilmente nei flussi di lavoro aziendali tramite API intuitive, permettendo alle aziende di gestire la conoscenza mantenendo il pieno controllo sui dati.



Esempi



IKEA

Svezia

⇄

Assistente IA di IKEA (ChatGPT) e Kreative: IKEA combina l'IA conversazionale con strumenti immersivi di design per migliorare l'esperienza del cliente. Il suo Assistente IA (basato su ChatGPT) aiuta utenti e dipendenti con domande sui prodotti, raccomandazioni di arredo e consigli sulla decorazione, offrendo un accesso rapido a informazioni tecniche e commerciali. Parallelamente, IKEA Kreativ consente ai clienti di scansionare i propri ambienti, rimuovere virtualmente l'arredo esistente e inserire prodotti IKEA su scala reale e con illuminazione realistica. Grazie a IA, scansione 3D e AR, lo strumento crea modelli di stanze modificabili che supportano decisioni di design realistiche e personalizzate.



Wayfair

Stati Uniti

⇄

Agent Co-Pilot: assistente interno basato su IA generativa che fornisce risposte immediate al personale di vendita e assistenza clienti su prodotti, politiche e alternative, migliorando l'efficienza e la qualità dell'assistenza.



Freedom Furniture - Hub di merchandising basato su IA di Coveo

Australia

⇄

Freedom Furniture utilizza l'hub di merchandising basato su IA di Coveo per migliorare la ricerca dei prodotti e rendere più efficiente la gestione della conoscenza. La soluzione combina intelligenza artificiale e controlli manuali, permettendo di gestire le informazioni sui prodotti in modo più efficiente e migliorare l'esperienza del cliente attraverso una ricerca intuitiva e raccomandazioni personalizzate.



Steelcase - "Onboarding AI"

Stati Uniti

⇄

Utilizza Salesforce Einstein per unificare i dati tra Herman Miller, Knoll e DWR; l'IA suggerisce prodotti e mette in evidenza insight trasversali tra brand, migliorando il servizio clienti e le decisioni dei merchandiser.



Qatalog

Regno Unito



Strumento di gestione della conoscenza che utilizza l'intelligenza artificiale per consentire ai team di cercare e ottenere risposte in tempo reale da tutte le fonti aziendali, come documenti, strumenti e app, senza dover copiare o spostare dati. Funziona come assistente conversazionale che collega le informazioni direttamente alla fonte, garantendo sicurezza, accuratezza e aggiornamenti costanti.



Netguru Memory

Polonia



Base di conoscenza basata su IA sviluppata internamente come repository centralizzato per archiviare, organizzare e condividere la conoscenza all'interno di un'azienda. Sfrutta IA e machine learning per cercare rapidamente in enormi database e creare studi del caso generati dall'IA per utilizzi interni ed esterni.



HomeDepot

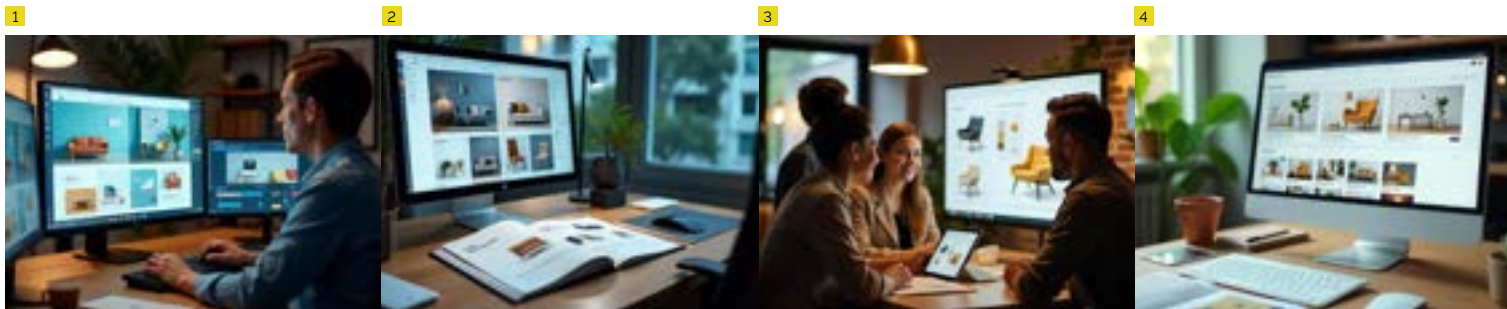
Stati Uniti



Magic Apron è la suite di strumenti di IA generativa di Home Depot che aiuta i clienti nei progetti di home improvement. Disponibile su app e sito web, si basa su conoscenze proprietarie ottenute combinando dataset e l'esperienza di Home Depot. Risponde a domande sui prodotti, sintetizza le recensioni e si comporta come un addetto digitale in negozio.

Ottimizzazione dei processi di marketing e vendita con l'IA generativa: automazione e personalizzazione dei contenuti

14



Difficoltà di implementazione: **media**Fattibilità economica: **medio-alta**

Ottimizzazione dei processi di marketing e vendita con l'IA generativa: automazione e personalizzazione dei contenuti



Descrizione

L'intelligenza artificiale generativa applicata all'automazione e personalizzazione dei contenuti combina modelli di testo, immagini, audio e video addestrati su grandi volumi di dati per generare nuovi contenuti a partire da istruzioni semplici o da dati contestuali. Queste tecnologie derivano dall'evoluzione dei foundation model, come GPT, Stable Diffusion, e di strumenti di sintesi video come Synthesia, e oggi rappresentano uno degli ambiti di sviluppo più dinamici nel marketing e nella comunicazione digitale. Tuttavia, nonostante il loro potenziale, queste tecnologie sollevano anche importanti preoccupazioni. Una delle principali riguarda la qualità e l'affidabilità dei contenuti generati, poiché i modelli generativi tendono a introdurre imprecisioni o le cosiddette "allucinazioni", ovvero risultati plausibili ma errati, che rischiano di compromettere la fiducia. Inoltre, l'uso di dataset esterni per l'addestramento ha acceso il dibattito su copyright e proprietà intellettuale, soprattutto quando i contenuti generati replicano o richiamano opere protette senza attribuzione o licenze chiare. Le aziende devono considerare che modelli addestrati su immagini o testi protetti da copyright possono produrre opere derivate ed esporsi a contestazioni per violazione.

Nel settore del mobile, questa tecnologia consente di generare automaticamente post sui social media, testi pubblicitari, cataloghi visivi, video di prodotto e messaggi di testo o audio personalizzati per diversi profili cliente, lingue o preferenze. Strumenti come ChatGPT e DALL-E, Stable Diffusion, Runway o Synthesia possono essere utilizzati per produrre asset creativi, coerenti e di forte impatto visivo per campagne di marketing. Inoltre, l'automazione consente test A/B su larga scala, adattamento dei contenuti a mercati specifici e risposta rapida ai cambiamenti di tendenza o preferenze estetiche. ¹

Una delle applicazioni più strategiche dell'IA generativa in marketing e vendite è la creazione di contenuti multi-mediali su misura, testo, immagini, video o audio, basati sull'analisi di trend visivi, stili e linee di prodotto. Questi sistemi possono individuare pattern stilistici nei database dei prodotti, sui social media, nelle fiere o nei materiali interni, e tradurli in proposte coerenti con l'identità visiva del brand o con le preferenze del pubblico target. Questo consente di generare contenuti altamente pertinenti e adattabili a contesti commerciali diversi.

Inoltre, l'IA generativa abilita nuove forme di interazione con i clienti tramite contenuti commerciali in interfacce dinamiche, come esperienze immersive, raccomandazioni visive o cataloghi interattivi. Queste soluzioni pre-

sentano i prodotti, rispondono alle domande frequenti o guidano i clienti nel processo decisionale in modo visivo, rapido e contestualizzato, migliorando l'esperienza sui canali digitali. ²

Dal punto di vista strategico, queste capacità permettono ai brand del settore del mobile di aumentare la visibilità, rafforzare la connessione emotiva con i clienti e migliorare l'intenzione d'acquisto attraverso contenuti persuasivi, creativi e personalizzati. Inoltre, centralizzando il controllo di stile e i messaggi in un unico strumento, i brand possono garantire una coerenza nella produzione dei materiali su più formati e canali, rafforzando il valore percepito del marchio. ³

Un vantaggio importante di questa tecnologia è l'integrazione con strumenti standard di marketing e vendita come content manager, piattaforme di automazione, editor visivi o CRM. Questo permette di incorporare l'IA generativa nei flussi di lavoro esistenti all'interno dei processi commerciali del settore del mobile senza stravolgere le strutture attuali, mantenendo il controllo creativo e sfruttando la potenza dell'automazione.

Come vedremo nelle sezioni successive, queste soluzioni stanno diventando strumenti chiave per amplificare la creatività nei processi di vendita, migliorare l'esperienza del cliente e rafforzare la competitività del settore del mobile in un contesto digitale sempre più dinamico.



Applicazione

L'integrazione dell'intelligenza artificiale generativa nei processi di marketing e vendita nel settore del mobile consente di automatizzare e scalare attività chiave in modo altamente personalizzato ed efficiente. Di seguito si riportano le principali applicazioni:

Creazione, gestione e strategia di contenuti personalizzati

I team di marketing possono generare automaticamente materiali visivi, testuali e audiovisivi su misura per diversi profili cliente, canali e contesti commerciali. Basandosi su semplici prompt, linee guida di stile del brand o analisi visive di collezioni, tendenze di prodotto o campagne dei competitor, è possibile creare contenuti coerenti con gli obiettivi strategici di ogni campagna. Queste informazioni possono anche essere utilizzate per ridefinire il posizionamento, correggere le campagne in corso o individuare opportunità di mercato prima della concorrenza. Questi strumenti aiutano a mantenere coerenza visiva e narrativa senza sovraccaricare

Ottimizzazione dei processi di marketing e vendita con l'IA generativa: automazione e personalizzazione dei contenuti

le risorse umane. Tuttavia, l'efficacia dei contenuti va monitorata in modo continuo tramite analisi, inserendo insight nel lavoro sui prompt o nel fine tuning dei modelli per mantenere le campagne pertinenti nel tempo. Nonostante l'automazione, ogni ottimizzazione deve essere validata dal team in termini di linguaggio, coerenza visiva e aderenza ai valori aziendali. Il rischio è che il carico di lavoro aggiuntivo per il controllo della qualità annulli parzialmente il risparmio di tempo previsto. Inoltre, sebbene l'IA possa produrre contenuti coerenti con prompt e linee guida, spesso non raggiunge la profondità creativa, emotiva o culturale che può offrire un team umano. Il rischio è che i contenuti generati risultino "piatti" o stereotipati, riducendo la riconoscibilità del brand. ⁴

Automazione dei flussi di lavoro di campagne e marketing

Integrandosi con piattaforme di email marketing, CRM o social media, è possibile progettare flussi di lavoro di comunicazione automatizzati con messaggi generati in modo dinamico. L'IA generativa può scrivere email personalizzate, creare post adattati a ciascuna piattaforma e segmentare i messaggi in base ai comportamenti del pubblico già analizzati. Inoltre, gli assistenti virtuali possono offrire un supporto immediato e personalizzato, rispondere alle domande frequenti e guidare i clienti durante il processo decisionale. L'uso di assistenti virtuali richiede attenzione anche sul piano normativo. In base al GDPR, gli utenti devono essere informati quando interagiscono con un sistema basato su IA e qualsiasi dato personale trattato deve rispettare i requisiti di trasparenza e consenso.

Va inoltre considerato che molte soluzioni, ad esempio per post social, schede prodotto o cataloghi, si basano su layout standardizzati, con il rischio di uniformare la comunicazione visiva dei brand. Questo può portare a una perdita di originalità e a una maggiore somiglianza con competitor che utilizzano gli stessi strumenti. ⁵

Ottimizzazione continua di campagne e contenuti

Attraverso l'analisi automatizzata delle metriche di performance, ad esempio tassi di click, coinvolgimento e conversioni, i modelli generativi possono suggerire adattamenti in tempo reale per migliorare l'efficacia delle campagne. Questo include suggerimenti di riprogettazione per i creativi, modifiche ai testi pubblicitari o variazioni sulla frequenza di e sui canali di distribuzione. La capacità di eseguire test A/B automatizzati su larga scala migliora il processo decisionale basato sui dati e supporta l'apprendimento continuo all'interno del team.

Accelerazione della produzione di asset di marketing

La generazione automatica di testi pubblicitari, schede prodotto, contenuti creativi visivi e audiovisivi consente di aumentare la produzione senza compromettere

la qualità. Questa capacità è particolarmente utile in contesti con campagne rapide o in mercati multilingue e multinazionali, dove l'adattamento dei contenuti tra lingue e aree geografiche può essere automatizzato mantenendo la coerenza del brand. Piuttosto che sostituire i professionisti creativi, l'IA generativa va intesa come uno strumento che ne potenzia le capacità. Il contributo umano resta indispensabile per guidare, supervisionare e perfezionare i risultati, garantendo pertinenza, accuratezza e coerenza con i valori del marchio. La collaborazione tra persone e macchine permette a creatori di contenuti, designer e strateghi del marketing di concentrarsi su attività di maggior valore, combinando automazione e creatività strategica. ⁶



Aspetti dell'implementazione

■ Difficoltà di implementazione: media

La complessità dell'implementazione varia in base alla soluzione scelta. Integrare strumenti già pronti con funzionalità preconfigurate in genere è semplice, mentre sviluppi personalizzati o integrazioni complesse richiedono uno sforzo tecnico maggiore. Inoltre, il successo dipende dalla capacità di promuovere una cultura orientata ai dati e ai risultati, gestire in modo efficace le fonti di informazione e integrare l'IA con i sistemi di marketing e vendita già in uso. Anche l'adattamento dei team a nuovi processi e flussi di lavoro rappresenta anche sfida organizzativa rilevante.

■ Fattibilità economica: medio-alta

I costi dipendono dal livello di personalizzazione e integrazione richiesto. Sono disponibili opzioni accessibili tramite servizi cloud e abbonamenti SaaS, che permettono di iniziare con investimenti moderati. Aumentando il grado di segmentazione e automazione, cresce anche il potenziale ritorno sull'investimento. Tuttavia, progetti su larga scala o integrazioni complesse, ad esempio con CRM, CMS o sistemi interni, aumentano i costi iniziali, ma possono anche migliorare la competitività nel lungo termine.

■ Fattori umani

L'adozione dell'intelligenza artificiale generativa nel marketing e nelle vendite può migliorare significativamente l'esperienza di lavoro dei team, liberandoli da attività ripetitive come la redazione di contenuti promozionali o la produzione manuale dei creativi. L'automazione permette di concentrarsi su decisioni strategiche e, soprattutto, su attività creative di maggior valore, favorendo

una cultura di co-creazione in cui la persona seleziona, convalida e supervisiona i contenuti generati dall'IA.

Questo cambiamento può aumentare la soddisfazione professionale e permettere ai team di comunicazione di focalizzarsi su storytelling, costruzione del brand e innovazione di mercato.

Per garantire che la trasformazione sia efficace, deve essere sostenuta da una strategia completa di aggiornamento delle competenze, che permetta ai team di utilizzare gli strumenti, perfezionare i risultati, mantenere la coerenza del marchio e partecipare in modo proattivo a un contesto digitale in evoluzione.

Questo include formazione sul ingegneria dei prompt, generazione etica dei contenuti, adattamenti sicuri per il marchio e alfabetizzazione digitale per l'ottimizzazione delle campagne.

Allo stesso tempo, è importante essere consapevoli che l'abbondanza di contenuti generati automaticamente può portare a "fatica da scelta", ridurre la pertinenza dei messaggi o diluire la differenziazione del brand se non viene gestita con attenzione.

Rafforzare il giudizio editoriale e implementare una struttura di governance dei contenuti aiuta a filtrare i risultati e a mantenerli allineati con gli obiettivi della campagna.

Un approccio critico ai contenuti generati dall'IA favorisce una selezione consapevole e tutela l'identità del marchio da risultati generici o non coerenti.

Infine, è importante allineare l'uso di queste tecnologie ai valori e agli obiettivi dell'organizzazione, per un'adozione etica, trasparente e coerente con la responsabilità sociale del settore.

In pratica, ciò significa coinvolgere i reparti marketing, legale e HR nell'adozione dell'IA, garantire trasparenza sull'uso degli strumenti e chiarire il ruolo dell'IA nella creazione di contenuti, sia ai team che al pubblico.

■ Fattori ambientali

L'uso dell'intelligenza artificiale generativa in marketing e vendite può contribuire in modo significativo alla sostenibilità operativa delle aziende del settore del mobile. Grazie a una segmentazione più accurata del pubblico e alla possibilità di generare materiali personalizzati senza servizi fotografici fisici, diventa possibile ridurre la produzione e la distribuzione di cataloghi, brochure o materiali promozionali stampati che spesso restano inutilizzati. Questo migliora l'efficienza, riduce il consumo di

carta, imballaggi e supporti fisici e abbate tempi e costi associati all'organizzazione di produzioni complesse.

Inoltre, presentare i prodotti virtualmente e generare contenuti visivi e audiovisivi senza spostamenti riduce l'impronta di carbonio associata ai viaggi di lavoro o alla partecipazione a eventi promozionali, un fattore particolarmente rilevante in un settore in cui i cicli commerciali spesso richiedono una mobilità intensiva. I flussi di lavoro digitali centralizzati, tramite piattaforme integrate con strumenti come CRM o CMS, riducono ulteriormente la necessità di infrastrutture e materiali fisici, supportando una strategia di comunicazione più agile e sostenibile.

Detto questo, per quanto i benefici siano evidenti, l'adozione di questi strumenti deve essere coerente e non prestarsi al greenwashing. In un contesto in cui le immagini generate dall'IA possono sembrare sostenibili per la loro natura digitale, è importante considerare il costo ambientale dietro l'infrastruttura che le alimenta, in particolare nei sistemi generativi basati su cloud.

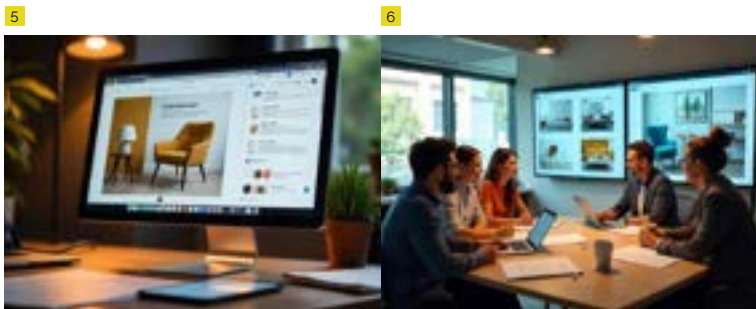
Sebbene le aziende del settore del mobile in genere utilizzino soluzioni di IA pre-addestrate e pronte per essere implementate, queste dipendono comunque da modelli di grandi dimensioni ospitati in data center globali ad alto consumo energetico. L'addestramento e il funzionamento continuo di tali modelli richiedono un'elevata potenza di calcolo, con inferenza frequente, processi di personalizzazione e algoritmi di raccomandazione eseguiti su larga scala. Questo comporta consumi significativi di energia e acqua.

Anche l'hardware ha un impatto: GPU, TPU e chip IA specifici, necessari per generare contenuti in tempo reale, sono prodotti con materiali critici come cobalto o neodimio, la cui estrazione comporta rischi ambientali e sociali. Inoltre, le continue richieste prestazionali portano a frequenti cicli di aggiornamento dell'hardware, contribuendo alla crescita dei rifiuti elettronici.

Per ottenere benefici reali di sostenibilità, le aziende del settore del mobile dovrebbero privilegiare fornitori di tecnologia con strategie chiare di efficienza energetica, politiche di approvvigionamento responsabile e rendicontazione trasparente dell'impatto ambientale, allineando la comunicazione ad azioni concrete e misurabili.

■ Allineamento a certificazioni e normative

Le soluzioni di IA generativa utilizzate in marketing e vendite devono rispettare il Regolamento Generale sulla Protezione dei Dati (GDPR), in particolare quando vengono trattati dati personali per segmentazione o personalizzazione. Devono inoltre rispettare i requisiti di trasparenza previsti dall'AI Act europeo, che richiede l'identificazione dei contenuti generati dall'IA quando influenzano decisioni o percezioni dei consumatori. È infine necessario garantire il rispetto del copyright e la coerenza con i valori etici e comunicativi dell'azienda.



Ottimizzazione dei processi di marketing e vendita con l'IA generativa: automazione e personalizzazione dei contenuti



Soluzioni



Scene di vita iperrealistiche generate con IA

Scenes



Danimarca ⇄

Scenes utilizza l'IA per creare scene di vita quotidiana iperrealistiche per il settore del mobile, eliminando la necessità di servizi fotografici tradizionali. La soluzione aiuta i brand a produrre presentazioni di prodotto versatili e attraenti, migliorando in modo efficiente ed economico i materiali di marketing e le presentazioni digitali.



Test pubblicitari e valutazione delle campagne basati su IA

Kantar



Regno Unito ⇄

La piattaforma di Ad Testing basata su IA di Kantar prevede l'efficacia di video e banner prima del lancio. Aiuta produttori e brand a ottimizzare le campagne con insight basati sui dati, riducendo i tempi di validazione creativa e aumentando l'impatto pubblicitario.



Piattaforma di generazione visiva basata su IA

Presti.ai



Francia ⇄

Presti.ai offre una piattaforma basata su IA che genera immagini di vita quotidiana iperrealistiche per la presentazione di prodotti di arredamento. Permette ai brand di creare contenuti visivi coinvolgenti senza servizi fotografici fisici, supportando campagne di marketing con immagini fotorealistiche versatili sui canali digitali.



Creazione e ottimizzazione di campagne multimodali basate su IA

Typeface Arc Agents



Stati Uniti ⇄

Gli Arc Typeface Agents agiscono come compagni di squadra intelligenti e sempre attivi che ideano, creano e ottimizzano campagne di marketing multimodali. Assicurano che testi e immagini restino coerenti con le linee guida del brand, aumentando creatività ed efficacia delle campagne attraverso la gestione dei contenuti guidata dall'IA.



Scene di interni generate con IA

Freepik



Spagna ⇄

Freepik fornisce scene di interni generate con IA ideali per cataloghi, social media e campagne pubblicitarie. La vasta libreria di immagini fotorealistiche supporta le aziende del settore del mobile nella creazione rapida di contenuti di marketing accattivanti, aiutando i brand ad aumentare il coinvolgimento dei clienti e a valorizzare la presentazione dei prodotti.



Generazione automatizzata di pubblicità visive e testi

AdCreative.ai



Francia ⇄

AdCreative.ai utilizza l'IA per generare automaticamente pubblicità visive, testi promozionali e post sui social media adattati a diversi formati e target. Semplifica i flussi di lavoro di marketing e consente di creare campagne efficaci e coinvolgenti rapidamente, ottimizzando i contenuti per il massimo impatto.



Piattaforma di creazione di contenuti basata su IA

Jasper



Stati Uniti ⇄

Jasper è una piattaforma basata su IA che automatizza la creazione di testi promozionali, pubblicità e contenuti per i social media. Aiuta le aziende a generare testi su misura per pubblici e formati diversi, migliorando l'efficienza e la creatività del content marketing.



Piattaforma di visualizzazione 3D e personalizzazione del prodotto

Cylindo (Chaos)



Germania ⇄

Cylindo offre visualizzazione 3D avanzata, realtà aumentata e personalizzazione del prodotto in tempo reale, pensate per produttori e rivenditori del settore legno-arredo. La piattaforma automatizza il rendering e consente ai clienti di personalizzare i prodotti in termini di colori, finiture e materiali, migliorando l'esperienza di e-commerce e aumentando i tassi di conversione.

**Generazione automatizzata di contenuti***Contents.com**Italia* ↔

Contents.com utilizza l'IA per produrre automaticamente annunci visivi e materiale promozionale scritto. La piattaforma adatta i contenuti a media e audience diversi, consentendo ai brand di ampliare le attività di marketing e mantenere messaggi coerenti e di alta qualità.

**Piattaforma di allineamento del messaggio del brand***Jacquard**Regno Unito* ↔

Jacquard aiuta le aziende a mantenere la coerenza dei messaggi, allineando tutti i contenuti di marketing all'identità del brand. La piattaforma garantisce che pubblicità, post e materiali promozionali riflettano il tono e i valori del brand, supportando una comunicazione coerente e affidabile su tutti i canali.

**Piattaforma di copywriting empatico e personalizzato***Anyword**Stati Uniti* ↔

Anyword è una piattaforma di copywriting basata su IA che adatta il tono e lo stile in base al pubblico, al prodotto e al canale di comunicazione. Genera contenuti personalizzati, dalle descrizioni dei prodotti ai messaggi pubblicitari, rivolgendosi a profili diversi come utenti finali, architetti e distributori, per massimizzare il coinvolgimento.

**Messaggistica multilingue per marketing e CRM***Typewise AI**Svizzera* ↔

Typewise AI aiuta i team di marketing e CRM a creare messaggi multilingue, adattando tono e contenuto a pubblici diversi. È particolarmente utile per brand internazionali che cercano una comunicazione coerente e uniforme in mercati diversi, migliorando il coinvolgimento dei clienti e l'unità del marchio.

**Automazione della comunicazione con i clienti dopo l'acquisto***Auralis AI**Stati Uniti* ↔

Auralis AI automatizza la comunicazione post-acquisto generando risposte personalizzate, suggerendo contenuti personalizzati su cura del prodotto, abbinamenti e rinnovi, e assistendo gli operatori in tempo reale. Si integra con le piattaforme CRM ed e-commerce per migliorare l'esperienza del cliente, ridurre i costi operativi e favorire la fidelizzazione.

**Email di vendita e assistenza clienti generate con IA***Flowrite**Finlandia* ↔

Flowrite genera email di vendita, follow-up e risposte a partire da brevi prompt, supportando i team di marketing e assistenza clienti. Garantisce la coerenza del messaggio e fa risparmiare tempo, rendendo più fluidi i flussi di lavoro di comunicazione e aumentando la reattività su tutti i punti di contatto con i clienti.

Ottimizzazione dei processi di marketing e vendita con l'IA generativa: automazione e personalizzazione dei contenuti



Esempi



Hypotenuse AI

Stati Uniti



Hypotenuse AI è una piattaforma di creazione di contenuti basata su IA generativa per l'e-commerce. Consente di generare descrizioni di prodotto in grandi volumi, assicurando che ogni testo sia unico anche per articoli molto simili. Questo risponde a un'esigenza comune nel settore del mobile, dove i prodotti spesso si presentano in diverse varianti. Living Spaces, un importante rivenditore di mobili statunitense, utilizza la piattaforma per creare contenuti di prodotti su larga scala, coinvolgenti, accurati, ottimizzati per i motori di ricerca e coerenti con il marchio, gestendo in modo efficace cataloghi molto estesi.



Norr11

Danimarca



Il brand danese Norr11 ha utilizzato la tecnologia Scenes per generare immagini iperrealistiche della sua FAVE Lounge Chair senza ricorrere a servizi fotografici. Il progetto "My FAVE Spot" ha permesso di creare elementi visivi coerenti con l'identità del marchio, snellendo la produzione di contenuti per cataloghi, social media ed e-commerce nel settore del mobile.

Renovai

Israele

Renovai offre una suite di soluzioni di e-commerce basate su IA per il settore del mobile, tra cui ricerca per similarità visiva, generatori di combinazioni di prodotti, assistenti all'acquisto personalizzati e motori di raccomandazione che migliorano l'esperienza del cliente e aumentano i tassi di conversione.



Archiproducts

Italia



Archiproducts utilizza l'IA generativa per migliorare la ricerca e la scoperta di prodotti, permettendo agli utenti di cercare arredi utilizzando un testo specifico. Questo rende più immediata la selezione, aiutando professionisti e consumatori a trovare soluzioni di design in modo più efficiente e aumentando l'esperienza complessiva e il coinvolgimento degli utenti.



Alias Design

Italia



Alias Design utilizza la piattaforma THRON per ottimizzare la gestione dei contenuti digitali. La soluzione automatizza la creazione di contenuti di marketing, cataloghi di prodotti e schede tecniche.



Arper

Italia



Arper ha integrato la piattaforma THRON come strumento chiave nella sua strategia di comunicazione B2B, migliorando l'esperienza di clienti e partner tramite il proprio sito web.



Lago

Italia



Lago ha implementato diverse funzionalità della piattaforma THRON per centralizzare la gestione e la distribuzione dei contenuti, ottenendo una riduzione del 75% degli asset digitali totali grazie all'eliminazione dei duplicati e al miglioramento della tracciabilità.



Serax

Belgio



Serax, azienda belga di design e arredo, ha adottato SAP Business AI per automatizzare l'elaborazione degli ordini in formato PDF. Questo ha ridotto del 33% l'inserimento manuale dei dati, migliorando in modo significativo l'efficienza operativa. Di conseguenza, il team ha potuto concentrarsi su attività di maggior valore, come l'upselling e l'assistenza clienti personalizzata.



Anyword

Stati Uniti



Anyword è una piattaforma di copywriting basata su IA che consente di personalizzare il tono e lo stile dei contenuti in base al pubblico di riferimento. È utilizzata anche da aziende come National Geographic e Red Bull per generare testi che vanno dalle descrizioni dei prodotti ai messaggi pubblicitari, adattandoli alle preferenze e alle emozioni del pubblico.



Amazon Personalize

Stati Uniti



Amazon Personalize utilizza l'intelligenza artificiale generativa per offrire raccomandazioni personalizzate, contenuti dinamici e interazioni su misura, migliorando l'esperienza del cliente nell'e-commerce.



Softology

Regno Unito



Softology ha introdotto strumenti di ricerca visiva che permettono ai clienti di caricare immagini, ad esempio foto, screenshot o ritagli di riviste, per trovare prodotti simili nel catalogo. Questa funzionalità migliora la scoperta dei prodotti e aumenta il coinvolgimento dei clienti.

Decisioni intelligenti nel settore del mobile mediante correlazione dei dati e analisi basate su IA

15

1



2



Difficoltà di implementazione: **media**Fattibilità economica: **alta**

Decisioni intelligenti nel settore del mobile mediante correlazione dei dati e analisi basate su IA



Descrizione

Nell'era di Industria 5.0, l'integrazione di analisi avanzate e intelligenza artificiale (IA) nei processi produttivi è diventata un fattore chiave. I sistemi di supporto alle decisioni (DSS) e l'analisi della correlazione dei dati basati su IA permettono ai produttori di trasformare grandi volumi di dati in insight operativi, supportando decisioni informate ed efficienza operativa. Questi sistemi in genere combinano insight descrittivi con previsioni predittive e, in alcuni casi, funzionalità prescrittive, per supportare decisioni in tempo reale.

Queste tecnologie sfruttano algoritmi di machine learning per analizzare dati provenienti da fonti diverse: linee di produzione, catene di approvvigionamento, feedback dei clienti e tendenze di mercato. Individuando pattern e correlazioni, i DSS possono prevedere i risultati, ottimizzare i processi e suggerire azioni strategiche. Ad esempio, correlare dati di produzione e feedback dei clienti può evidenziare aree di miglioramento del prodotto, mentre l'analisi dei dati della catena di approvvigionamento può individuare potenziali interruzioni prima che abbiano un impatto sulle operazioni.

L'implementazione di questi sistemi richiede un'infrastruttura dati robusta, che includa meccanismi di raccolta (sensori, dispositivi IoT), soluzioni di archiviazione e strumenti analitici. L'integrazione di questi componenti consente monitoraggio e analisi in tempo reale, assicurando che le decisioni si basino sulle informazioni più aggiornate disponibili.

Inoltre, la natura adattiva dei DSS basati su IA consente al sistema di apprendere ed evolversi nel tempo. Man mano che vengono raccolti nuovi dati, aumentano l'accuratezza predittiva e le capacità di supporto decisionale, con un miglioramento continuo dei processi produttivi.

- 1 *Esempio di dashboard per previsioni della catena di approvvigionamento*
- 2 *Dashboard utilizzata in un'azienda di produzione di mobili*
- 3 *Ottimizzazione della produzione basata su analisi, decisioni e flussi di IA* ↔
- 4 *Esempio di dashboard per la gestione della produzione manifatturiera* ↔



Applicazione

Il settore del mobile, caratterizzato da un'ampia varietà di gamme di prodotti e da forti esigenze di personalizzazione, può trarre notevoli benefici dai DSS basati su IA e dalle analisi di correlazione dei dati. Queste tecnologie possono essere applicate in diversi ambiti:

Progettazione e sviluppo del prodotto: analizzando le preferenze dei clienti e le tendenze di mercato, i produttori possono progettare prodotti più in linea con le richieste dei consumatori. La correlazione dei dati aiuta a capire quali caratteristiche sono più apprezzate, orientando le scelte di progettazione.

Ottimizzazione della produzione: il monitoraggio dei dati di produzione consente di identificare colli di bottiglia e inefficienze. I DSS possono suggerire interventi in tempo reale, aumentando la produttività e riducendo gli sprechi.

Gestione della catena di approvvigionamento: correlare dati di fornitori, livelli di scorta e pianificazione delle consegne consente una gestione proattiva della catena di approvvigionamento, riducendo i ritardi e garantendo l'esecuzione tempestiva degli ordini.

Controllo qualità: l'analisi dei dati di produzione insieme ai risultati delle ispezioni di qualità può evidenziare pattern che causano difetti, consentendo un intervento precoce e un miglioramento continuo della qualità.

Servizio clienti: integrare il feedback dei clienti con i dati di produzione e vendita aiuta a misurare i livelli di soddisfazione del cliente, orientare i miglioramenti del servizio e rafforzare la fidelizzazione.

Per un'implementazione efficace, è fondamentale integrare i sistemi di supporto alle decisioni con le piattaforme aziendali esistenti, come i sistemi ERP o CRM. Questo garantisce un flusso di dati continuo, raccomandazioni contestualizzate e allineamento operativo, aumentando l'utilità degli insight in tempo reale e rafforzando le decisioni su temi che riguardano diversi reparti.

La realizzazione di queste applicazioni richiede un approccio collaborativo, con team interfunzionali che garantiscano che i dati vengano raccolti, analizzati e utilizzati correttamente. Inoltre è essenziale formare il personale nell'interpretazione e nell'uso degli insight prodotti dai DSS, così da massimizzare i benefici di queste tecnologie.

- 5 *Dashboard delle metriche delle macchine* ↔
- 6 *Insieme delle principali discipline della produzione per un'analisi dei dati completa e in tempo reale.*
- 7 *Magazzino per mobili.*

chine learning che richiedono una notevole potenza di calcolo e contribuiscono a un aumento dei consumi di energia e acqua e delle emissioni di gas a effetto serra (GES).

Parallelamente, le analisi di correlazione dei dati comportano il confronto di grandi quantità di dati per identificare relazioni e tendenze. Con l'aumentare dei volumi, cresce la domanda di elaborazione, archiviazione e analisi in tempo reale, soprattutto quando i modelli vengono aggiornati o riaddestrati con frequenza. Questo aumenta il carico sui data center. Anche l'hardware impiegato, come GPU, CPU e acceleratori IA specializzati, richiede elementi delle terre rare, minerali critici e molta energia per la produzione, con un impatto ambientale rilevante. Cicli di vita brevi e frequenti aggiornamenti dell'hardware contribuiscono inoltre alla crescita dei rifiuti elettronici.

■ Allineamento a certificazioni e normative

L'adozione di DSS e analisi dei dati basati su IA è coerente con diverse certificazioni e normative di settore. Ad esempio, ISO 9001 (sistemi di gestione della qualità) e ISO 14001 (sistemi di gestione ambientale) promuovono il miglioramento continuo e la responsabilità ambientale, aspetti che queste tecnologie possono supportare in modo diretto. È inoltre essenziale rispettare il Regolamento Generale sulla Protezione dei Dati (GDPR) dell'UE quando si trattano dati dei clienti, garantendo la tutela della privacy e la sicurezza dei dati nei processi di analisi.

5



6



7



Decisioni intelligenti nel settore del mobile mediante correlazione dei dati e analisi basate su IA



Soluzioni



DataFurn

EOSC-DIH

UE ↔

Platform-as-a-Service che offre analisi per il settore del mobile, consentendo ai produttori di analizzare i contenuti online, monitorare l'influenza del brand e prevedere trend di mercato.



Dashboard di business intelligence e ottimizzazione delle vendite per le aziende del settore del mobile

CPoint5

Stati Uniti ↔

Fornisce dashboard dinamiche che aiutano le aziende del settore del mobili ad analizzare le performance, individuare i prodotti più venduti e ottimizzare inventario e strategie di vendita.



Piattaforma unificata di data e business intelligence per il settore manifatturiero

Microsoft Fabric + Power BI

Stati Uniti ↔

Microsoft Fabric integra data engineering, analisi in tempo reale e business intelligence in un'unica piattaforma. In combinazione con Power BI, consente ai produttori di visualizzare i KPI, applicare modelli di machine learning e prendere decisioni basate sui dati per operazioni, inventario e gestione della catena di approvvigionamento.



ERP abilitato dall'IoT per la produzione di mobili

Epicor

Stati Uniti ↔

Kinetic ERP di Epicor integra sensori IoT per fornire insight in tempo reale, permettendo decisioni più intelligenti, manutenzione predittiva ed efficienza operativa nella produzione di mobili.



ERP per la produzione di mobili con catena di approvvigionamento e analisi predittiva

Focus Softnet

India ↔

La soluzione ERP di Focus Softnet ottimizza i processi di produzione e distribuzione nel settore del mobile, offrendo solide funzionalità di gestione della catena di approvvigionamento e analisi predittiva.



Piattaforma di analisi avanzata basata su IA/ML per la produzione di mobili

SAS

Stati Uniti ↔

SAS Viya sfrutta IA e machine learning, ad esempio ARI-MA, gradient boosting e computer vision, per la produzione di mobili. Integra dati eterogenei come sensori, vendite e immagini, per migliorare la previsione della domanda, il controllo predittivo tramite rilevamento di anomalie, il monitoraggio delle prestazioni degli asset guidato dall'IoT con stime di vita residua (RUL) e l'ottimizzazione delle catene di approvvigionamento tramite simulazione e algoritmi avanzati.



Pianificazione della produzione alimentata basata su IA

Ima Schelling

Germania ↔

Soluzioni di IA per ottimizzare la produzione industriale di mobili, pensate per grandi produttori. Analizzano i dati delle linee di produzione e li collegano alla pianificazione degli ordini, permettendo decisioni più efficaci. I benefici includono un nesting ottimizzato, riduzione degli scarti di materiali e miglioramento dei tempi di consegna, aumentando efficienza e produttività lungo l'intero processo produttivo.



Esempi



RISE (Research Institutes of Sweden)

Svezia ↔

Ha sviluppato uno strumento di analisi delle immagini basato su IA per supportare le decisioni di ricondizionamento degli arredi, migliorando la circolarità tramite la rapida identificazione dei modelli e dei ricambi necessari.



Vaimo

Globale ↔

Utilizza analisi dei dati avanzate per ottimizzare le operazioni di vendita al dettaglio di mobili, inclusi layout delle showroom, esperienze cliente personalizzate e analisi della sostenibilità.



Dribia

Spagna ↔

GOIA di Dribia è uno strumento personalizzato per la previsione della domanda basato su IA, che combina machine learning e competenza umana. Consente di anticipare le fluttuazioni della domanda, ottimizzare i livelli di inventario e ridurre gli sprechi, supportando una produzione più sostenibile ed efficiente.



Imperia SCM

Spagna ↔

Imperia offre una piattaforma modulare basata su IA per la pianificazione della catena di approvvigionamento. Migliora la previsione della domanda, l'ottimizzazione dell'inventario e i processi S&OP, offrendo visibilità in tempo reale e adattabilità ai cambiamenti del mercato, con benefici su efficienza operativa e soddisfazione del cliente.



Leverage AI

Stati Uniti ↔

Fornisce un'automazione intelligente per la gestione della catena di approvvigionamento nella produzione di mobili. La piattaforma offre visibilità in tempo reale, crea scorecard per valutare i fornitori e automatizza le comunicazioni, riducendo del 50% il tempo impiegato dagli acquirenti per la gestione di ordini e fornitori.



Forma ideale

Serbia ↔

Forma ideale ha adottato varie tecnologie di IA: design generativo su GAN per creare nuovi concept di arredo a partire da dati esistenti e preferenze dei clienti; integrazione di IA e IoT per monitorare le prestazioni degli impianti e ottimizzare la produzione; e gestione intelligente del magazzino con veicoli autonomi per potenziare l'efficienza logistica.

Report sul Industria 5.0 nella manifattura europea



Questo report (D2.1) presenta cos'è Industria 5.0, da dove nasce, a che punto è oggi e quali sviluppi si prospettano. Il percorso verso il nuovo paradigma di Industria 5.0 è stato lungo e articolato.

Su questo paradigma, gli Stati europei stanno avviando programmi e azioni per supportare la transizione 5.0 con velocità diverse, aiutando aziende e sistemi economici a evolversi e intraprendere un percorso che può portare a un grande sviluppo, non solo economico, ma anche umano e sociale.

La transizione 5.0 è il passaggio verso un modello industriale avanzato e fortemente basato sulla tecnologia, in cui l'adozione di tecnologie digitali come IoT, IA e robotica migliora l'efficienza, la sostenibilità e la personalizzazione dei processi produttivi.

Questo cambiamento richiede anche una revisione delle pratiche aziendali e una maggiore attenzione ai bisogni delle persone. In sostanza, si tratta di un passo verso un'industria altamente digitalizzata e orientata al futuro.

Industria 5.0 rappresenta un nuovo modo di concepire economia e industria, un modello in cui tecnologia e umanità si fondono armoniosamente, creando un equilibrio tra efficienza e valori umani. È una visione del settore che non punta solo alla produttività, ma anche al benessere delle persone e al rispetto dell'ambiente. A differenza di Industria 4.0, che fu configurata come una vera rivoluzione industriale e tecnologica, Industria 5.0 è soprattutto un nuovo paradigma culturale.

Per questo è essenziale aiutare le aziende, che sono i veri protagonisti di questo cambiamento, a capire quale percorso sia più adatto al proprio modello di business, a

partire dalla situazione iniziale attuale. Saranno necessari modelli e strumenti per capire da dove si parte e dove si vuole arrivare, evitando sprechi di risorse e assicurando un incremento continuo della competitività delle aziende europee.

Viviamo in un contesto di continua evoluzione di sistemi produttivi, competenze e processi. La tecnologia rappresenta una doppia sfida: da un lato aumenta la pressione competitiva, dall'altro offre soluzioni alle grandi sfide del nostro tempo, come le transizioni verde, sociale e demografica.

La chiave per affrontare questi cambiamenti risiede nello sviluppo del paradigma di Society 5.0: teorizzato in Giappone, rappresenta un modello di sviluppo economico e sociale che metta la persona al centro della relazione sinergica con la tecnologia. È un passo oltre l'automazione tipica del mondo 4.0: l'obiettivo, nella società 5.0, è utilizzare la tecnologia per aumentare il benessere e la qualità della vita, mettendola al servizio delle persone e non come sostituto.

Il paradigma 5.0 è essenziale per il futuro dell'Europa e per il successo delle transizioni e dei percorsi trasformativi a lungo termine tracciati dall'Unione europea.

In questo senso, esistono due principali leve strategiche per una transizione di successo: innovazione e competenze. Senza di esse qualsiasi azione di adozione tecnologica rischia di non raggiungere i risultati attesi e di non massimizzare i benefici.

Report sul livello di maturità di Industria 5.0 nel settore europeo del mobile



Questo report (D2.2) valuta l'attuale livello di preparazione del settore del mobile nell'UE rispetto alla transizione verso Industria 5.0. Il settore evidenzia la **conoscenza di base per alcune tecnologie** che stanno già influenzando i processi produttivi e che, per natura e tipologia di prodotto, sono state già implementate e sono quindi più note rispetto ad altre.

Tuttavia, molte tecnologie che oggi meriterebbero un'analisi approfondita, per l'impatto potenziale sulla vita delle aziende, non vengono ancora considerate.

Questo dipende sia da una scarsa conoscenza di tali tecnologie sia dall'assenza di un'analisi strutturata del loro potenziale e dei possibili ambiti di applicazione.

Il sondaggio ha delineato un **settore poco informato su alcuni tipi di tecnologie** e più competente su altre.

Nel complesso, tuttavia, emerge una forte carenza di conoscenze sulle tecnologie abilitanti, sia nelle grandi aziende sia nelle PMI.

Questo evidenzia la necessità per il **settore di compiere un passo avanti nella formazione** sulle tecnologie che abilitano l'industria intelligente, al fine di iniziare a indi-

viduare nuovi usi e applicazioni, in un campo che si sta ancora avanzando con lentezza verso la trasformazione tecnologica osservata in altri ambiti negli ultimi anni.

Il sondaggio è stato certamente un'opportunità utile per comprendere quali sono le lacune più importanti nella conoscenza di queste tecnologie e per immaginare soluzioni e proposte in grado di aiutare le aziende a cogliere il potenziale e gli strumenti oggi disponibili, dando un nuovo impulso innovativo al settore del mobile.

Fabbisogni di competenze e raccomandazioni per gli stakeholder del settore del mobile



In questo report (D5.1) abbiamo affrontato due questioni fondamentali: quali competenze green e digitali stanno emergendo attualmente nel settore legno-arredo europeo, in particolare quelle allineate a Industria 5.0, e dove si riscontrano squilibri tra domanda e offerta? E, come possono le aziende del settore adottare in modo efficace i principi di Industria 5.0, sviluppando le competenze pertinenti, sfruttando le nuove tecnologie e adottando strumenti europei di validazione delle competenze?

L'analisi mostra che è in corso una profonda trasformazione. Le competenze tecniche relative all'eco-design, alla valutazione del ciclo di vita, alla robotica, ai gemelli digitali e all'analisi dei dati devono essere integrate da competenze trasversali, come adattabilità, pensiero sistemico, collaborazione digitale e consapevolezza della sostenibilità. Tuttavia, l'offerta di competenze non sta tenendo il passo. La digitalizzazione resta disomogenea, soprattutto tra le PMI, le competenze green sono poco diffuse e i sistemi formativi non hanno ancora integrato pienamente i profili ibridi richiesti da Industria 5.0.

Questa discrepanza ha chiare implicazioni per diversi stakeholder. I fornitori di formazione devono offrire percorsi di apprendimento modulari e flessibili, ad esempio microcredenziali allineate a ESCO ed EQF, su misura per ruoli emergenti. I responsabili politici e le autorità pubbliche dovrebbero rafforzare gli ecosistemi delle competenze attraverso una governance multi-stakeholder, strategie basate su cluster e osservatori di settore in grado di monitorare l'evoluzione delle competenze e anticipare le future lacune. Le aziende, a loro volta, devono passare da soluzioni reattive e occasionali a un approccio in cui lo sviluppo delle competenze sia

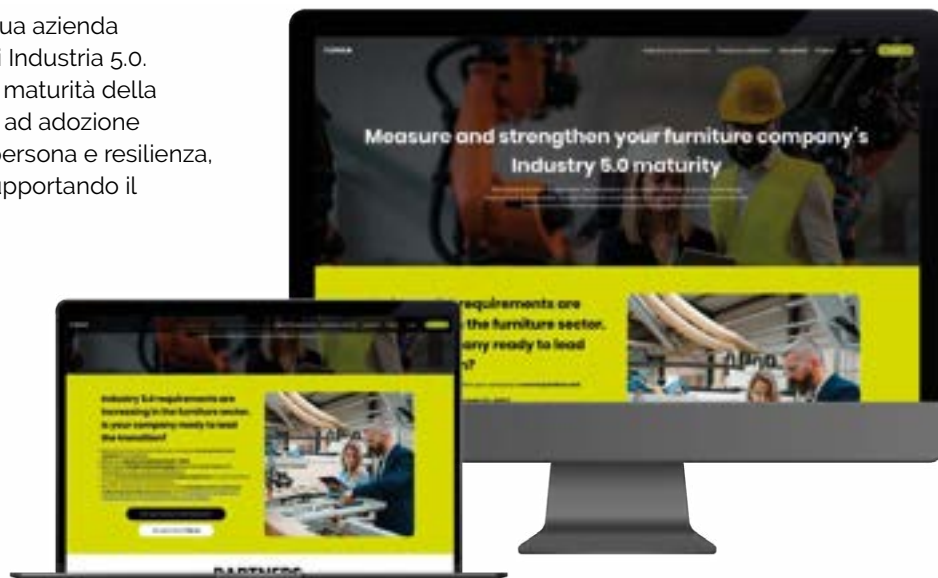
integrato direttamente nella pianificazione strategica e tecnologica.

Sono essenziali un monitoraggio continuo e capacità di anticipazione. Gli osservatori delle competenze, supportati da strumenti come Foresight Platforms e Skills Radars, consentiranno all'Europa di anticipare i fabbisogni emergenti prima che diventino vincoli sistemici, garantendo sia l'adattabilità della forza lavoro sia la competitività industriale.

In sintesi, l'intuizione centrale è che le competenze sono il perno di Industria 5.0 nel settore legno-arredo. Colmare il divario tra fabbisogni emergenti e offerta esistente richiede una doppia strategia: dotare i lavoratori di capacità ibride green e digitali e integrare queste competenze in adozione tecnologica, modelli di business e reti collaborative. Lo sviluppo delle competenze non è un'attività di supporto: deve diventare la forza trainante che allinea innovazione, sostenibilità e digitalizzazione centrate sulle persone con la resilienza industriale a lungo termine dell'Europa.

A1

Valuta e rafforza il livello di maturità della tua azienda del settore del mobile rispetto ai principi di Industria 5.0. Con questo Tool puoi analizzare il livello di maturità della tua azienda del settore del mobile rispetto ad adozione tecnologica, sostenibilità, centralità della persona e resilienza, individuando le aree di miglioramento e supportando il percorso di transizione verso l'Industria 5.0



Lo strumento in 5 passi

Segui i passi riportati di seguito per avviare l'autovalutazione e sfruttare al meglio i contenuti e i risultati del Tool di autovalutazione per l'Industria 5.0

0

Registrati e accedi
assessment.furn50.eu



1

Rispondi

Rispondi a tutte le domande facendo riferimento alle pratiche e alle modalità operative attualmente adottate dalla tua azienda nei diversi ambiti dell'Industria 5.0. In questo modo potrai definire il livello di maturità aziendale e individuare opportunità concrete di miglioramento e di transizione verso l'Industria 5.0





2

Valuta

Consulta il tuo indice di maturità rispetto all'Industria 5.0 e identifica punti di forza e aree di miglioramento in ambiti come l'adozione tecnologica, la sostenibilità, la centralità della persona e la resilienza

3

Migliora

Scopri come accompagnare la tua azienda nel percorso di transizione verso l'Industria 5.0, grazie a raccomandazioni operative, applicazioni tecnologiche e buone pratiche utili a individuare le priorità e guidare il miglioramento



4

Raccolta di pratiche

Consulta la raccolta completa di pratiche e scenari inerenti all'Industria 5.0 sviluppati nell'ambito del progetto FURN5.0



A2

FIX production and project union, LLC

fixunion.com.ua

UCRAINA

Lo strumento di autovalutazione è chiaro, ben strutturato e facile da utilizzare. Offre una visione dettagliata della nostra situazione attuale e consente confronti utili con altri Paesi e mercati.

La cosa più importante è che ci ha consentito di elaborare un piano d'azione concreto e di definire le priorità strategiche per il futuro, con particolare attenzione ad ambiti critici nel contesto bellico attuale, quali circolarità, resilienza e diversificazione della catena di fornitura.



Furniture plant Stryi, LLC

tivoli.com.ua

UCRAINA

L'indagine ha identificato chiaramente le aree in cui possiamo rafforzare il nostro sviluppo come azienda manifatturiera sostenibile e orientata al futuro. A partire dalle indicazioni ottenute, puntiamo ad accelerare l'adozione di tecnologie tese a migliorare ulteriormente le nostre pratiche di sostenibilità, non solo per aumentare la resilienza aziendale, ma anche per contribuire allo sviluppo di un modello produttivo efficace, scalabile e responsabile nel settore del mobile ucraino.



AQUINOS GROUP

aquinosgroup.com

PORTOGALLO

La transizione verso l'Industria 5.0 comporta sfide importanti, che si aggiungono a quelle di un mercato globale in continua evoluzione. Disporre di strumenti pratici come questo, capaci di rendere il percorso più fluido ed efficace, è fondamentale per affrontare questa trasformazione tecnologica.



Love 2 Design

love2design.org

BULGARIA

Lo strumento è ben strutturato e molto utile. Offre un livello di dettaglio adeguato per comprendere la propria situazione e individuare possibili miglioramenti. Un'analisi comparativa dei risultati di diverse aziende potrebbe contribuire a una comprensione più ampia della situazione generale del settore e consentire utili confronti a livello internazionale.



Svedholm

🌐 svedholm.se

SVEZIA

Lo strumento ha evidenziato diverse aree di potenziale miglioramento. Ci concentreremo maggiormente su soluzioni che possano supportarci nello sviluppo di un modello aziendale più circolare.



Svedholm
MADE IN SWEDEN

AZEMAD GROUP

🌐 azemad.com

PORTOGALLO

È uno strumento utile perché evidenzia in modo chiaro quali azioni sono già implementate nell'azienda e quali no, aiutandoci a capire dove intervenire per migliorare.



AZEMAD GROUP

ACADO

🌐 acado.bg

BULGARIA

Sono molto soddisfatto dello strumento, ci ha permesso di comprendere in modo approfondito la nostra situazione attuale e di orientarci con maggiore chiarezza verso il futuro. Ho apprezzato in particolare le sezioni dedicate al Furniture-as-a-Service e agli strumenti interni per raccogliere i suggerimenti dei dipendenti. La diversificazione della catena di approvvigionamento per noi è un tema fondamentale, e l'idea di partecipare a reti di condivisione delle risorse per aumentare la resilienza in situazioni di crisi è particolarmente interessante. È un'esperienza stimolante e ricca di spunti nel nostro percorso verso l'Industria 5.0.



ACADO
FURNITURE AS A SERVICE

NADOP-VÝROBA NÁBYTKU, a.s.

🌐 nadop.cz

REPUBBLICA CECA

Lo strumento è chiaro e pratico e offre una buona visione generale della situazione attuale e delle principali aree di intervento. Ha fornito indicazioni utili per definire le priorità in ambiti come circolarità, resilienza e diversificazione della catena di approvvigionamento, supportando un approccio verso l'Industria 5.0 più sostenibile e orientato al futuro. Lo strumento è intuitivo e facile da usare e rende l'esperienza complessiva fluida ed efficace.



NADOP | NÁBYTEK DOUŠASTÍ VÝROBA

A2

Dřevojas, výrobní družstvo

drevojas.cz

REPUBBLICA CECA

Lo strumento di autovalutazione è intuitivo, chiaro e visivamente ben progettato. Il livello di dettaglio delle domande ci ha permesso di comprendere e analizzare in modo più approfondito la nostra situazione attuale.



dřevojas ®
český koupelnový nábytek

CitySens Lab

citysenslab.com

SPAGNA

Lo strumento ci ha permesso di analizzare in modo approfondito la situazione della nostra azienda, individuando processi chiave che possono essere ottimizzati e rafforzati. Lo consideriamo un'opportunità concreta di crescita strategica, pur restando fedeli alla nostra missione.



CitySens (lab)

KAVE HOME

kavehome.com

SPAGNA

L'utilizzo dello strumento si è rivelato un'importante occasione di apprendimento, e ha dimostrato chiaramente l'applicazione dei principi dell'Industria 5.0. L'attività è stata particolarmente utile per individuare aree di intervento e ha evidenziato la necessità di un percorso di miglioramento continuo.



Kave Home

Waste Prevention SL (Prewaste)

prewaste.com

SPAGNA

È uno strumento molto utile, ben sviluppato dal punto di vista tecnico, che contribuirà sicuramente a migliorare l'integrazione dell'Industria 5.0 nella nostra azienda. Come possibile miglioramento, sarebbe utile includere esempi più pratici e operativi per interpretare meglio i livelli di maturità e rendere più concreti gli aspetti sociali, ad esempio attraverso riferimenti a politiche come codici di condotta per i fornitori o linee guida per la gestione degli stakeholder.



prewaste

ABSOTEC

🌐 absorcionacustica.com

SPAGNA

Lo strumento ci ha consentito di valutare il nostro livello di maturità in diversi ambiti, tra cui digitalizzazione, circolarità e sostenibilità. Ha inoltre evidenziato opportunità di miglioramento basate sulle diverse tecnologie, applicazioni, buone pratiche e raccomandazioni strutturate integrate nello strumento.

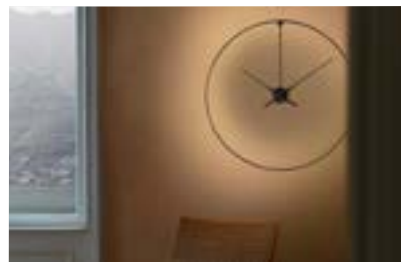


NOMON

🌐 nomon.es

SPAGNA

Lo strumento si è rivelato molto utile nel fornire una visione chiara e completa della posizione attuale dell'azienda. Ci ha permesso di analizzare la situazione da una prospettiva più ampia, individuando nuove opportunità e prendendo decisioni con maggiore consapevolezza e sicurezza.



Tomasella

🌐 tomasella.it

ITALIA

L'esperienza è stata chiara e coinvolgente e ci ha consentito di comprendere meglio il nostro modo di operare e il valore delle decisioni quotidiane. Il percorso ha offerto una lettura concreta e strutturata della nostra realtà, mettendo in luce i punti di forza e aprendo nuove prospettive di crescita. Il processo ha rafforzato una visione basata su qualità, coerenza e responsabilità, favorendo un'evoluzione naturale che valorizza il presente e costruisce un futuro equilibrato.



TOMASELLA

Árkossy Bútor Kft

🌐 arkossy.hu

UNGHERIA

Lo strumento ci ha fornito indicazioni preziose e spunti chiari su cui basare le nostre scelte future.



A2

Plydesign Ltd.

🌐 plydesign.eu

UNGHERIA

Nel percorso di evoluzione in termini di sostenibilità e innovazione tecnologica, questo strumento ci ha aiutato a individuare le direzioni future e i livelli che possiamo raggiungere.



PLY DESIGN

Alples

🌐 alples.si

SLOVENIA

È uno strumento semplice e molto utile per verificare il livello di maturità della nostra azienda rispetto alle pratiche dell'Industria 5.0, valutare lo stato attuale di sviluppo e orientare meglio le scelte strategiche.



MKTECHMINDS SRL

ROMANIA

La mia esperienza con questo strumento ha evidenziato l'importanza di integrare strumenti digitali e promuovere un approccio collaborativo nella formazione e nello sviluppo professionale. Non si tratta più di una scelta, ma di una necessità per mantenere competitività e rilevanza in un mercato europeo in continua evoluzione.



Gonzaga Pro

🌐 gonzaga.eu

SLOVENIA



Antares Romania

🌐 scaune.ro

ROMANIA

A mio avviso si tratta di uno strumento pratico e ben progettato. Offre una sintesi chiara dei progressi in ambito di digitalizzazione e sostenibilità e consente di valutare il livello di preparazione dell'azienda. Inoltre, evidenzia diverse aree su cui intervenire per migliorare.



ANTARES 
INTERNATIONAL

A3

Questo report presenta i feedback raccolti dai partecipanti in merito alla loro esperienza con lo strumento di autovalutazione online FURN 5.0, attraverso un questionario dedicato finalizzato a rilevare percezioni, livello di soddisfazione e suggerimenti di miglioramento dopo l'utilizzo dello strumento. L'analisi delle risposte ha permesso di individuare punti di forza, criticità e opportunità concrete per migliorare l'usabilità, la pertinenza e l'efficacia complessiva dello strumento.

Hanno partecipato all'indagine 21 rappresentanti aziendali provenienti da 10 Paesi europei (Bulgaria, Repubblica Ceca, Ungheria, Italia, Portogallo, Romania, Slovenia, Spagna, Svezia e Ucraina). Nel complesso, **il livello di soddisfazione rispetto all'usabilità è risultato elevato**: interfaccia grafica, navigazione, istruzioni e leggibilità sono stati ampiamente apprezzati. Lo strumento è stato spesso descritto come *fluida, intuitivo e facile da utilizzare*. Diversi utenti hanno evidenziato come lo strumento favorisca una riflessione concreta sulla maturità digitale e organizzativa dell'azienda.

La **registrazione e la navigazione** sono risultate generalmente intuitive, anche se alcuni partecipanti hanno segnalato una lieve incertezza nella fase finale del processo, suggerendo l'introduzione di un messaggio di conferma più chiaro e di una barra di avanzamento/completamento. Sono stati segnalati solo sporadici problemi tecnici.

Per quanto riguarda i **contenuti**, le domande sono state ritenute coerenti e ben strutturate nella maggior parte dei casi, anche se alcune aziende, soprattutto di piccole dimensioni o con produzione esternalizzata, hanno

riscontrato difficoltà nel rispondere ad alcuni quesiti, ritenuti non sempre pienamente applicabili.

Alcuni utenti hanno inoltre evidenziato la necessità di chiarire meglio determinate domande, suggerendo l'inserimento di esempi o note esplicative.

La **sezione dei risultati** è stata valutata positivamente per chiarezza e utilità. Gli esiti sono stati considerati realistici e utili per supportare riflessioni strategiche sull'Industria 5.0. Tra le richieste più frequenti emerge la necessità di arricchire lo strumento con esempi più dettagliati di buone pratiche, indicazioni sui fornitori e aggiornamenti sulle applicazioni disponibili.

Diversi utenti hanno espresso interesse per la possibilità di **scaricare un report** e confrontare le proprie prestazioni con **medie europee di settore**, segnalando un forte interesse per strumenti di confronto.

In conclusione, i feedback confermano che lo strumento FURN 5.0 è **ampiamente apprezzato per chiarezza, struttura e utilità pratica e rappresenta un valido supporto per le aziende nella valutazione del proprio livello di preparazione rispetto all'Industria 5.0**. Le indicazioni raccolte evidenziano opportunità di ulteriore miglioramento, in particolare per rendere l'esperienza dell'utente ancora più efficace, arricchire i contenuti pratici e aumentare l'adattabilità dello strumento a diversi contesti aziendali.

Il report completo è disponibile al seguente link:





FURN5.●

ambit
LIVING SPACES CLUSTER

 **FLA**
FederlegnoArredo

E#IC
Europe's Furniture Industry Consortium



Co-funded by
the European Union